



XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DEL MAYAB

ABRIL DEL 2013



XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DEL MAYAB



CONIEEM

**Congreso Nacional De Ingeniería Eléctrica
Y Electrónica Del Mayab**



**MEMORIAS
ABRIL 2013**

ISSN 1665-0271

XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DEL MAYAB



INSTITUCIONAL

- Ing. Félix José Aguilar Vivas

**Encargado del Despacho de la dirección del
Instituto Tecnológico de Mérida.**

- Dra. Alma Rosa Centurión Yah

Subdirectora Académica

- M.C. Jorge Carlos Canto Esquivel

**Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica
y Electrónica**

- Ing. Quirino Jiménez Domínguez

Presidente de Academia Ingeniería Electrónica

- Ing. Luis Jorge Barbosa Polanco

Presidente de Academia Ingeniería Eléctrica

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA YUCATÁN

CONSEJO EDITORIAL

Editores

- Dr. Carlos Alberto Lujan Ramírez
- MTE. María Margarita Álvarez Cervera

Coeditores

- Br. Juan Manuel Ruiz Franco
- Br. Irma Graciela Cisneros Balam
- Br. Sergio Daniel Juárez Hernández



COMITÉ DE ARBITRAJE

Dr. Alejandro Castillo Atoche; Universidad Autónoma de Yucatán.

Área: Telecomunicaciones.

Dr. Agustín Flores Novelo; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Automatización, instrumentación, control, Desarrollo sustentable, Uso eficiente de la energía y Eléctrica.

Dr. Arnulfo Alanis Garza; Instituto Tecnológico de Tijuana.

Áreas: Automatización, instrumentación y control.

Dr. Carlos Alberto Lujan Ramírez; Instituto Tecnológico de Mérida

Áreas: Eléctrica, Procesamiento digital de imágenes, Procesamiento digital de señales e Inteligencia Artificial y Robótica.

Dra. Citlalih Yollohtli Alejandra Gutierrez; Instituto Tecnológico de Toluca.

Áreas: Computación e Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Robótica y Tecnología Educativa.

Dr. Francisco José Heredia López; Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, Universidad Autónoma de Yucatán.

Área: Biomédica

Dr. Francisco Ramos Díaz; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Electrónica, Desarrollo sustentable y Uso eficiente de la energía, Procesamiento digital de imágenes y señales.

Dr. Jesús Sandoval Gio; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Eléctrica, Electrónica, Semiconductores, Diseño de circuitos análogos y Sistemas digitales y Telecomunicaciones.

Dr. José Ramón Atoche Enseñat; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Automatización, instrumentación, control, Semiconductores, Diseño de circuitos análogos y Sistemas digitales e Inteligencia Artificial y Robótica.

Dr. Julio Ramírez V.; Instituto Tecnológico de Nogales.

Áreas: Computación e Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial, Robótica y Tecnología educativa.

Dr. Miguel Ángel López Ramírez; Instituto Tecnológico de Tijuana.

Áreas: Automatización, instrumentación, control, Electrónica, Semiconductores, Diseño de circuitos análogos y Sistemas digitales.

Dr. Sergio Díaz Zagal; Instituto Tecnológico de Toluca.

Áreas: Automatización, instrumentación y control, Computación e Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial y Robótica.



M.C. Adelaida Cárdenas Bastarrachea; Instituto Tecnológico de Ensenada.

Área: Tecnología Educativa

M.C. Felipe Alfonso Ordoñez García; Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán.

Áreas: Computación e Ingeniería de Software.

M.C. Fernando Alvarez Cervera; Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, Universidad Autónoma de Yucatán.

Área: Biomédica.

M.C. José Rafael Cruz Reyes; Instituto Tecnológico de Toluca

Áreas: Computación e Ingeniería de Software, Desarrollo sustentable, Uso eficiente de la energía e Inteligencia Artificial y Robótica.

M.T.E. Margarita Alvarez Cervera; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Computación e Ingeniería de Software, Desarrollo sustentable, Uso eficiente de la energía y Tecnología Educativa.

Ing. Eunice Alejandra Pérez Coello; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Computación e Ingeniería de Software.

Ing. Iván Gil Domínguez; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Electrónica, Inteligencia Artificial, Robótica y Telecomunicaciones.

Ing. Quirino Jiménez Domínguez; Instituto Tecnológico de Mérida.

Áreas: Automatización, instrumentación y control.



INDICE

CAPITULO I.- ELECTRICA Y ELECTRONICA

PÁGS.

1.1 AUTOMATIZACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

1.1.1 ALGORITMOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE TIPO HAAR 1

César Iván Cobos May, Víctor Uc Cetina, Carlos Brito Loeza.

1.1.2 ARQUITECTURA HARDWARE EN FPGA PARA EL CONTROL DE GIRO Y VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CD 13

Rosa Isela Brena Luis, Ignacio Algreto Badillo, Félix Emilio Luis Pérez, J. Jesús Arellano Pimentel.

1.1.3 CONTROL DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS POR RECONOCIMIENTO DE VOZ PARA DISCAPACIDADES FÍSICAS 25

María Elizabeth Guerrero Sánchez, Ted Echeverría Dionisio, Ma. Eusebia Guerrero Sánchez, Patricia Guadalupe Gamboa Rodríguez, Ciro Zamudio Ramón.

1.1.4 CONTROL DE VELOCIDAD DE UN SERVOMOTOR UTILIZANDO REDES NEURONALES 33

Rosalío Farfán Martínez, William Torres Hernández, Antonio Domínguez Sánchez, Luz del Alba Cambrano Bravata.

1.1.5 CONTROL ELECTRÓNICO PARA UNA GARRAFA DE SOLIDIFICACIÓN DE LÍQUIDOS 41

Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Raymundo Barrales Guadarrama, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón.

1.1.6 CONTROLADOR PID DIFUSO IMPLEMENTADO CON LÓGICA RECONFIGURABLE 47

Williams Antonio Pantoja Laces, Ignacio Algreto-Badillo, Ernesto Cortés Pérez, Gustavo Fernández Torres.

1.1.7 DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE EN FPGA SPARTAN 3E PARA EL CONTROL DE UN MOTOR PASO A PASO 61

Atziriy Cárdenas Jijón, Ignacio Algreto-Badillo, César Maldonado Cabriales, Omar Santiago Nieva García.



1.1.8 ENSAMBLE Y CARACTERIZACIÓN DE UN EQUIPO DE CONTROL DE FLUJO CON FINES DIDÁCTICOS	74
William Torres Hernández, Rosalío Farfán Martínez, Luz del Alba Cambrano Bravata.	
1.1.9 EQUIPO DE PRUEBA PORTÁTIL UTILIZANDO PROTOCOLO CAN	82
Francisco Javier Enríquez Aguilera, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Jesús Martín Silva Aceves, Nydia Hernández González, Arnulfo Castro Vásquez.	
1.1.10 IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DIFUSO DE UNA CELDA TERMOELÉCTRICA	94
Juan Fernando García Mejía, Laura Colín Rivas, José Antonio García Mejía	
1.1.11 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO BRESENHAM EN UN INTÉRPRETE DE CÓDIGO G	104
Jesús M Silva Aceves, Francisco J. Enríquez Aguilera, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Uriel Gaytan Chávez, Jorge A. Pérez Venzor.	
1.1.12 INSTRUMENTACIÓN PARA EVALUAR EL DETERIORO DE ACEROS INOXIDABLES MEDIANTE MICROPUNTAS DE PLATINO.	115
Ricardo Salazar Uitz, Víctor Manuel Moo Yam, Eduardo Pérez Cruz, José Rubén Lagunas Jiménez.	
1.1.13 MODELADO DE LA VARIABLE TEMPERATURA DE UN INVERNADERO CON VENTILACIÓN NATURAL	126
José de Jesús García, Cortés, Felipe Alfonso Ordoñez García, Jaime Jalomo Cuevas, José Roberto Hernández Arellano.	
1.1.14 PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA WEB Y DISPOSITIVOS MÓVILES DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE VARIABLES FÍSICAS DE ESTANQUES	137
Jesús Ramón López Sánchez, Filiberto Valenzuela Mendoza, Alma Isabel Arias Hurtado, Cecilia López Camacho, Angélica Andriana Silva Salido.	
1.1.15 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	146
Felipe Alfonso Ordoñez García, José de Jesús García Cortés, José Osiris Isaí Gutiérrez Parvol, Jesús Eloin Pérez Baltazar.	



**1.1.16 SOFTWARE PARA ADQUIRIR Y GRAFICAR UNA RED DE
SENSORES EN UNA ALMOHADILLA** 156

Elsa Cortés Rito, Oswaldo Alquisiris Quecha, Ignacio Algreto-Badillo, J. Jesús Arellano Pimentel.

1.2 BIOMEDICA

**1.2.1 AUTOMATIZACIÓN DE UN LABERINTO EN CRUZ BASADO EN
SENSADO CAPACITIVO** 167

Emmanuel de Jesús Vera Tun, Francisco José Heredia López, José Luis Góngora Alfaro, José Luis Bata García, Fernando Álvarez Cervera

**1.2.2 AVANCES EN RADAR ARMÓNICO PARA EL MONITOREO EN
BAJO VUELO DEL TRIATOMA DIMIDIATA Y DISEÑO DE UNA
ETIQUETA DE MAYOR PORTABILIDAD** 176

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Dr. Francisco Heredia López, Dr. Eric Dumonteil

**1.2.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SENSORIAL
PARA UNA SILLA DE RUEDAS** 188

Estefanía Cano Martínez, Sandy Guadalupe Salinas Antonio, Ignacio Algreto-Badillo, Lizbeth Contreras Romero, Aline Ramírez Jaramillo.

**1.2.4 DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MICROESPEJO BASADO EN
TECNOLOGÍA CMOS CON BAJO VOLTAJE DE OPERACIÓN** 199

Miguel Lara Castro, Francisco López Huerta, Agustín Leobardo Herrera May.

**1.2.5 ELECTROENCEFALÓGRAFO AMBULATORIO INALÁMBRICO
CON MEMORIA Y DETECCIÓN DE MOVIMIENTO** 209

José Daniel Pinzón Vivas, Francisco José Heredia López, Gloria Arankowsky Sandoval.

**1.2.6 ESTACIÓN BASE DE UN SISTEMA TELEMÉTRICO
MULTICANAL PARA LA MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD CEREBRAL
EN RATAS, CON REUBICACIÓN REMOTA DEL CONJUNTO DE
MICROELECTRODOS.** 222

I.C. Diego Efraín Salazar Loría, Dr. Francisco José Heredia López.

**1.2.7 SISTEMA ELECTRÓNICO DE UNA RED DE SENSORES PARA
LA CARACTERIZACIÓN DE UNA ALMOHADILLA** 232

David Hernández Trinidad, Ignacio Algreto-Badillo, Alfonso Flores Meza, Francisco Rubén Castillo Soria.



1.2.8 SISTEMA MECATRÓNICO DE ESTIMULACIÓN AUTOMÁTICA PARA PREVENCIÓN DE MUERTES POR APNEA EN INFANTES NEONATOS. APLICACIÓN HOSPITALARIA. 245

Dr. José Luis Ortiz Simón, Dra. Martha Aguilera Hernández, MC Fidias Morales Villalobos, Ing. Juan Guzmán Castillo, Ing. Nicolás Cruz Hernández.

1.3 COMPUTACIÓN E INGENIERÍA DE SOFTWARE

1.3.1 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS RECURSOS DE UNA RED DE DATOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN GATEWAY DE DISTRIBUCIÓN LIBRE 252

Laura Dávalos Castilla, Vladimir Cabañas Victoria, Melissa Blanqueto Estrada.

1.3.2 ANÁLISIS FORENSE EN DISPOSITIVOS MÓVILES 260

Vladimir Veniamin Cabañas Victoria, Laura Yésica Dávalos Castilla, Melissa Blanqueto Estrada

1.3.3 ANÁLISIS PARA EL RECONOCIMIENTO DE ESCENARIOS EN 3D UTILIZANDO KINECT 270

Ernesto Ramírez García, Rubén Antonio Gallegos, Norma Hildelisa Jiménez Alor, Alberto Israel Castellanos Reyes.

1.3.4 ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL EDUCATIVA PARA NIÑOS HIPOACÚSICOS 280

Citlali Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Roger Issac Bartolo Alarcón, Isael Mundo Álvarez, Rafael Cruz Reyes, Ricardo Manuel Maya Iglecias.

1.3.5 APLICACIÓN WEB PARA ADMINISTRACIÓN DE LABORATORIO 291

Arnulfo Castro Vásquez, Karla Irene Gameros Mejía, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Francisco Javier Enríquez, Abdi Delgado Salido.

1.3.6 CREACIÓN DE LIBRERÍAS DINÁMICAS EN JAVA UTILIZANDO CÓDIGO NATIVO 302

Roberto Liquidano Rodríguez, Andrea Olimpia Nájera Ávila.

1.3.7 DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES CON METODOLOGÍAS ÁGILES: UTILIZANDO PROGRAMACIÓN EXTREMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SOFTWARE PARA ANDROID 317

Ramón Ventura Roque Hernández, Felipe de Jesús Durán Hernández, Adán López Mendoza, Salvador Mota Martínez.



- 1.3.8 DETECCIÓN DE TRYPANOSOMA CRUZI EN IMÁGENES OBTENIDAS A PARTIR DE MUESTRAS SANGUÍNEAS** 328
Roger Soberanis Mukul, Víctor Uc Cetina, Carlos Brito Loeza, Hugo Ruiz Piña.
- 1.3.9 DIGITALIZACIÓN DE OBJETOS GEOMÉTRICOS APLICADOS A LA SEGURIDAD DE INFORMACIÓN** 341
Marco Antonio Castillo Rubi.
- 1.3.10 EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN Y MANEJO DE ÓRDENES DE COMPRA** 345
Ricardo Armando Barrera Cámara, Beatriz Herrera Sánchez, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Judith del Carmen Santiago Pérez.
- 1.3.11 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE COMPONENTES TÓXICOS QUE EXISTEN EN LAS TARJETAS MADRES DE UNA COMPUTADORA OBSOLETA.** 352
C. Dr. José Alonso Pérez Cruz, Dr. José Gabriel Reding Domínguez, M.C.C. Benjamín Tass Herrera.
- 1.3.12 MODELO DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL CENTRO HISTÓRICO DE ATLACOMULCO DE FABELA ESTADO DE MÉXICO: UNA APROXIMACIÓN POR REDES DE PETRI** 358
Yesenia Hernández Morales, Juan Fernando García Mejía, Ariadna Martínez Chaparro
- 1.3.13 MONITOREO DE ENTORNO AMBIENTAL, EN PLANTAS CASERAS Y CULTIVOS, MEDIANTE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y APLICACIONES MÓVILES (ANDROID)** 365
Mario Chessel Núñez Hernández, Benjamín López González, Bany Sabel Hernández Cardona, María del Socorro Moreno Figueroa.
- 1.3.14 ONTOLOGÍA WEB PARA CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS** 374
Francisco Gutiérrez Vera, Claudia Cristina Ortega González, Juan José Martínez Nolasco, Claudia Rodríguez Lemus, Donato Villagómez Torres.
- 1.3.15 PLATAFORMA DE TUTORÍA EN LÍNEA PARA MIPYMES** 383
Judith del Carmen Santiago Pérez, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Beatriz Herrera Sánchez, Ricardo Armando Barrera Cámara.
- 1.3.16 PROTOTIPO DE REPOSITORIO WEB PARA LA INTRANET DE LA UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO** 391
Melissa Blanqueto Estrada, Vladimir Cabañas Victoria, Sergio Solís Sosa, Laura Dávalos Castilla, José De Jesús Chan Coh.



1.3.17 SISTEMA DE GESTIÓN DE HONORARIOS	399
Guillermo Garrido Basurto, Benjamín López González, Mauro Sánchez Sánchez, María del Socorro Moreno Figueroa, Mario Chessel Nuñez Hernández.	
1.3.18 SISTEMA DE GESTION DE TICKETS DE SOPORTE DEL HRAE CIUDAD SALUD	411
Enrique Villafaña Gómez, Vanessa Benavides García, Jehiely Belem Hernández Castillo, Karina Cancino Villatoro.	
1.3.19 SISTEMA DE PROGRAMACION QUIRURGICA	424
Vanessa Benavides Garcia, Jehiely Belem Hernández Castillo, Karina Cancino Villatoro, Enrique Villafaña Gómez.	
1.3.20 SISTEMA ECCO (ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL), ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL EN LAS EMPRESAS	434
Hugo Vázquez Lagunas, Roberto Cano Rojas, Benjamín López González, María del Socorro Moreno Figueroa, Bany Sabel Hernández Cardona.	
1.3.21 SISTEMA EXPERTO MULTIDISCIPLINARIO	441
Dr. Freddy Francisco Agustin Arguello, Dra. Georgina Bercian Moguel.	
1.3.22 TECNÓFILA VS TECNOFOBIA: INICIO DE ESTUDIO EN LAS MIPYMES	455
Dra. Beatriz Herrera Sánchez, Dr. Ricardo Armando Barrera Cámara, Dra. Judith del Carmen Santiago Pérez, MC. Fernando Sánchez Martínez.	
1.4 DESARROLLO SUSTENTABLE Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA	
1.4.1 APLICACION MULTIDISCIPLINARIA DE ENERGIA RENOVABLE PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE EN ESCUELAS DE NIVEL SUPERIOR GENERADA POR RECURSOS PROPIOS.	465
M.C. Carlos Fernando Cancino Nolasco, M.C. Estela Cuenca Alvarez, M.I. Tadeo Urbina Gamboa, M.I. Rodolfo Barrientos Morales.	
1.4.2 ANALISIS DE LOS ESTUDIOS DE NIVELES SONOROS AMBIENTALES EFECTUADOS EN LA CIUDAD DE MERIDA EN LOS AÑOS DE 1980 A 2010	475
Ing. Jorge Tun Cuevas.	



**1.4.3 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE AGUA EN
LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO** 484

M.C. Juan Antonio Ruiz Velazco de la Garza, Ing. Rosa Hilda Valencia Ruiz, Ing. Florentino Chimal Y Alamilla, M.C. Silverio Hernández Chávez, M. E. Javier Pacheco Hipólito.

1.4.4 CASA VERDE 491

Ing. Moises Molina García, Eduardo Morales Sampieri.

**1.4.5 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO NO CONECTADO A LA RED** 495

Rodolfo Barrientos Morales, Tadeo Urbina Gamboa, Carlos Fernando Cancino Nolasco, Estela Cuenca Álvarez.

**1.4.6 TECNOLOGÍA ARDUINO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN ACUÍCOLA DEL ITESCO** 502

Ted Echeverría Dionisio, Ma. Elizabeth Guerrero Sánchez, Mario A. López Cristóbal, Zuleima M. Cortez de la Cruz, Luis Ángel Martínez Santos.

1.5 ELÉCTRICA

**1.5.1 MODELADO Y ANÁLISIS ARMÓNICO DEL GENERADOR DE
INDUCCIÓN DOBLEMENTE ALIMENTADO** 512

Emmanuel Hernández Mayoral, Manuel Madrigal Martínez.

**1.5.2 CARACTERIZACIÓN DE REFLECTORES Y AISLADORES
TÉRMICOS** 532

Alejandro Rodríguez Padilla.

**1.5.3 CONTROL E INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE UN
BRAZO MECÁNICO CON UN GRADO DE LIBERTAD** 545

Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Raymundo Barrales Guadarrama y Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón.

**1.5.4 MONITOREO, PROTECCIÓN Y CONTROL REMOTO DE DOS
MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL** 553

Alfredo Ramírez-Ramírez, Jorge A. Vélez Enríquez, Jesús García-Guzmán, Diego A. Zamora-García y Farah H. Villa-López.



1.5.5 PRUEBAS ELÉCTRICAS A REGULADORES DE TENSIÓN COMERCIALES. 561

Emmanuel Torres Montalvo, Freddy I. Chan Puc, Víctor M. Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz, Miguel A. Tamániz Hernández.

1.5.6 SISTEMA INTEGRAL DE CONVERSIÓN, INVERSIÓN, TRANSFORMACIÓN DE VOLTAJE Y SOLDADORA POR ARCO ELÉCTRICO (SICITSAE) 572

Ing. Mario Estrada García, Ing. José Hernández García.

1.6 ELECTRÓNICA

1.6.1 DISEÑO DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PH Y TEMPERATURA PARA EL MONITOREO REMOTO DE UN TIRADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS 586

Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Guadalupe Macedo Miranda, Roger Isaac Bartolo Alarcón, Gilberto Piña Piña, Rafael Cruz Reyez.

1.6.2 PROPUESTA DE RED BAYESIANA CON 5 VARIABLES BÁSICAS EN LA ATENUACIÓN ÓPTICA DE UNA FIBRA. 597

José Gabriel Réding Domínguez, José Alonso Pérez Cruz, Benjamín Tass Herrera, Gustavo Verduzco Reyes, Jorge Vázquez Torres.

1.6.3 PROTOTIPO DE TARJETA ELECTRONICA Y SOFTWARE, PARA LA PROGRAMACION DE REGISTROS DE ALIMENTACION USADOS EN EL CULTIVO DE PECES 606

Christian Eduardo Guzmán Román, José Manuel Pastrano Balderas.

1.6.4 PROTOTIPO PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DE SUELOS 621

M.I. Karla Margarita Castilla Acosta, M.I. Omar Eduardo Betanzos Martínez, Ing. Víctor Hugo Farfán Morales.

1.6.5 SISTEMA DE CONTROL COMO APOYO PARA MINUSVALIDOS 632

José Alfredo Estrada Soto, Marisol Esquivel Santos.

1.6.6 SISTEMA DIDÁCTICO PARA EL DISEÑO DE COMPENSADORES UTILIZANDO LABVIEW 638

Juan José Martínez Nolasco, Elías José Juan Rodríguez Segura, Francisco Gutiérrez Vera, Agustín Vidal Lesso, Rubén Espinoza Castro.



1.7 INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBÓTICA

- 1.7.1 ASIGNACIÓN DE HORARIOS EN UNA DEPENDENCIA DE NIVEL SUPERIOR MEDIANTE UN ALGORITMO INMUNOLÓGICO CLONAL.** 648
Moisés Porfirio González, J.F. García Mejía, J. Antonio García Mejía.
- 1.7.2 CONTROL PD+G ROBUSTO BASADO EN PASIVIDAD: SIMULACIÓN Y APLICACIÓN EN UNA INTERFAZ HÁPTICA: PHANTOM PREMIUM 1.0** 653
Fabián A. Díaz López, Luis F. Serna Hernández, Francisco Olguín Rodríguez, Omar Domínguez Ramírez.
- 1.7.3 DISEÑO DE UNA MUÑEQUERA HÁPTICA CON RETROALIMENTACIÓN VIBROTÁCTIL APLICADA EN LA TRANSFERENCIA DE HABILIDADES** 663
Ing. Moises Molina García, Juan Carlos Arriola Hernández.
- 1.7.4 DISEÑO DE UNA PLATAFORMA ROBOTICA PARA LA ENSEÑANZA DE NUEVAS TECNOLOGIAS** 671
Margarita Alvarez Cervera, Jose Luis Asunción Ku Uc.
- 1.7.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT CENTINELA AUTÓNOMO EN FPGA UTILIZANDO SENSORES PIRO-ELÉCTRICOS** 679
Jessica Montero-López, Ignacio Algreto-Badillo, Félix Emilio Luis-Pérez, Daniel Pacheco Bautista.
- 1.7.6 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RNA EN FPGA PARA EL RECONOCIMIENTO DE OBJETOS SIMPLES** 689
Claudia Cortés López, Ignacio Algreto-Badillo, Ernesto Cortés Pérez, Silvia Reyes Jiménez.
- 1.7.7 FPGA IMPLEMENTATION OF A SMART CONTROL SYSTEM FOR TRAFFIC LIGHTS IN A 4-WAY INTERSECTION** 701
Jesús García-Guzmán, Hugo Rafael Morales-Andrade, Farah Helúe Villa-López.
- 1.7.8 INTEGRACIÓN DE RECONOCIMIENTO DE VOZ E IMAGEN IMPLEMENTADOS EN UN ROBOT TORSO HUMANOIDE PARA SELECCIÓN Y UNIÓN DE PUNTOS** 710
M.C.I.E. Ing. Luis Humberto Sánchez Medel, M.A.T.I. Ing. Isaías Avendaño Cortés, M.C. Juan Manuel Gonzales Sobal, Ing. Germán López Andrade.



- 1.7.9 MODELADO MEDIANTE IDENTIFICACIÓN PARAMÉTRICA DE UN BRAZO ROBÓTICO FLEXIBLE** 719
Omar Hernández-González, M. Eusebia Guerrero-Sánchez y M. Elizabeth Guerrero-Sánchez.

1.8 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y SEÑALES

- 1.8.1 BIBLIOTECA DE FUNCIONES ESTEGANOGRÁFICAS PARA AUDIO E IMÁGENES.** 728
Roberto Carlos Medrano-Morales, Carlos Cortés-Bazán, Cesar Enrique Rojas-López, Rubén Vázquez-Medina.
- 1.8.2 FPGA PROCESSOR FOR MATRIX BASED OPERATIONS** 743
Griselda Saldaña González, Ramón Silva Ortigoza.
- 1.8.3 RECONOCIMIENTO DE VOZ EN TIEMPO REAL MEDIANTE EL TMS320C6713 DSK** 753
Ing. Carlos Andrés Acosta Ramos, Dr. José Abel Herrera Camacho.
- 1.8.4 SIMILITUD DE IMÁGENES APLICANDO ANÁLISIS FRACTAL** 764
Ernesto Bautista Thompson, Carmen Nain Balán Martínez, Gustavo Verduzco Reyes, Carlos de la Cruz Dorantes.

1.9 SEMICONDUCTORES, DISEÑO DE CIRCUITOS ANÁLOGOS Y SISTEMAS DIGITALES

- 1.9.1 ACTIVACIÓN REMOTA BASADA EN EL MICROCONTROLADOR PIC CON INTERFACES DE BLUETOOTH Y DE VOZ CON TONOS DTMF** 776
Eduardo Pérez Cruz, Juan Carlos Canul Arena, Ricardo Sánchez Quintal, Fernando A. Escalante Guerrero, Alberto Córdova Broca.
- 1.9.2 CARACTERIZACIÓN POR FATIGA A LA ALEACIÓN DE BRONCE SAE 62, MODIFICADA POR EL METODO DEL BORONIZADO.** 785
Cauch Cupul J., Zapata Chay D., Carrillo Escalante H, Villajuana Cervantes S.
- 1.9.3 DEPÓSITO DE CAPAS SEMICONDUCTORAS DE CdS POR BAÑO QUÍMICO A TEMPERATURA AMBIENTE** 794
Raúl Duarte Barahona, Jesús Eduardo Castro Suaste, José Emilio Corona Hernández y Andrés Iván Oliva Arias.



1.9.4 DETERMINACIÓN DE SENSOR DE NIVEL PARA UTILIZAR EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE ACEITE RESIDUAL. 804

Hector J. Pinto Avila, Freddy Ix Andrade, Daniela Claros Bustamante, José R. Atoche Enseñat, Carlos Lujan Ramirez, Margarita Alvarez Cervera.

1.9.5 DISEÑO TÉCNICO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR DE BATERIA POLIMERO DE LITIO PARA LEGO NTX 9841 810

Humberto J. Centurión Cardeña, Julio Naviat Uc.

1.9.6 ELECTROCARDIOGRAFO PARA SISTEMA ANDROID 822

Maestro en Mecatrónica Osvaldo José Torres Matos, Ing. Ayrton Estrella Alcocer.

1.9.7 GENERACIÓN CONTROLADA Y MEDIDA DE CAMPOS MAGNÉTICOS 839

Ricardo Salazar Uitz, Víctor Manuel Moo Yam, Eduardo Pérez Cruz, José Rubén Lagunas Jiménez.

1.9.8 PREPARACIÓN DE CAPAS SEMICONDUCTORAS DE ZnS POR BAÑO QUÍMICO: MECANISMOS DE INTERACCIÓN PRECURSOR-SUSTRATO 848

P. Edmundo Martín-Vázquez, Andrés Iván Oliva Arias.

1.9.10 REINGENIERÍA DE UN TERMOCONDUCTÍMETRO CON PROTOCOLO NMEA 0183 PARA EMBARCACIONES 856

Armin A. Hernández, Carlos M. Balam, Víctor H. López, José Ramón Atoche Enseñat, Erwin S. López, Luis Alberto Muñoz Ubando.

1.9.10 SENSOR CASI-DIGITAL PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE PERSONAS SENTADAS 866

Ernesto Sifuentes de la Hoya, Juan de Dios Cota Ruiz, Francisco J. Enríquez Aguilera, Arnulfo Castro Vásquez.

1.9.11 SISTEMA DE DEPÓSITO DE PELÍCULA DE CDTE PARA CELDAS FOTOVOLTAICAS 877

Eloy Antonio Hernández Yañez, Jesús M. Rivas Martínez, Jorge de la Torre y Ramos.

1.10 TECNOLOGÍA EDUCATIVA

1.10.1 BANCO DE PRUEBAS PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES 886

Marcos Andrés Jiménez Moreno, Reyle Mar Sarao, Jorge Alberto Acosta Alejandro.



1.10.2 CREACIÓN Y USO DE VIDEO TUTORIALES COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA DE VANGUARDIA EN LA CÁTEDRA UNIVERSITARIA.	896
M.A.E. Francisco Alonso Esquivel.	
1.10.3 EL RETO DE APRENDER A MULTIPLICAR – VIDEOJUEGO DESARROLLADO USANDO XP Y XNA	903
Huasteco Adrian Pablo, Rojas López Arturo.	
1.10.4 EL USO DE LA SIMULACIÓN EN EL AULA COMO FACTOR DETERMINANTE EN LA COMPRESIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS.	917
M.A.E. Francisco Alonso Esquivel.	
1.10.5 EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE APOYADAS EN HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS	924
M.C. Erica María Lara Muñoz, M.S.I. Rogelio Reyna Vargas.	
1.10.6 LA EDUCACIÓN SUPERIOR APOYADA EN METAFORAS DE APRENDIZAJE	935
M.S.I. Rogelio Reyna Vargas, M.C. Erica Maria Lara Muñoz.	
1.10.7 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS CON CPLDs Y FPGAs DE XILINX	945
José R. Atoche E., Emmanuel de A. Zamora H.	
1.10.8 MODELADO DE UN SISTEMA GESTOR DEL CONOCIMIENTO APLICADO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR	958
Danice D. Cano Barrón, Ezequiel Uh Hau, Francisca Berenice Cetz Povedano, Grecia Elizabeth Méndez Gil.	
1.10.9 MODULO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE CONTROL ELÉCTRICO.	972
Eduardo Gonzalo Manuel Tzul.	
1.9.10 SISTEMA DE SOFTWARE EDUCATIVO COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA BASES DE LA PROGRAMACIÓN	987
Ing. Rosa Elvira Moreno Ramírez, Dra. Ana Lilia Sosa Albarrán, Lic. María Luisa Gómez Santamarina, Ing. Alejandro Arellano Torres, Alfredo Valle Hernández.	
1.10.11 VIDEOJUEGOS EN EL AULA – CUADRADO MÁGICO	1003
Emmanuel Rojas Olivares, Arturo Rojas López, Nelson Manuel Austria Acosta.	



1.11 TELECOMUNICACIONES

1.11.1 ANÁLISIS DE ATENUACIÓN EN PROPUESTA DE ARQUITECTURA PARA ONDAS MILIMÉTRICAS BASADA EN LTE-ADVANCED 1013

Adriela Sol Morales Ramírez, Raúl Castillo Pérez.

1.11.2 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO VOIP BAJO UN AMBIENTE INALÁMBRICO 1029

Homero Toral-Cruz, Freddy Chan Puc, Víctor Sánchez Huerta, Emmanuel Torres Montalvo, Jaime Ortegón Aguilar.

1.11.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE REJILLAS DE BRAGG DE FIBRA ÓPTICA USANDO EL ESPECTRO DE EMISIÓN ESPONTÁNEA EN LA REGIÓN DE 1550 NM DE UNA FIBRA DOPADA CON ERBIO BOMBEADA CON 980 NM. 1042

Manuel May Alarcón, Miguel Augusto García González, Walter Ariel Silva Martínez, Lelio de la Cruz May, Diana Tentori Santacruz, Marco Antonio Rodríguez Blanco, Jorge Gabriel Pacheco Richard, Aarón Flores Gil.

1.11.4 CARACTERIZACIÓN EN POTENCIA DE UN LÁSER DE FIBRA DOPADA CON ERBIO CUYA CAVIDAD ES FORMADA CON DOS REJILLAS DE BRAGG Y UNA DE ELLAS ES SOMETIDA A CAMBIOS DE TEMPERATURA. 1052

Manuel May Alarcón, Walter Ariel Silva Martínez, Miguel Augusto García González, Víctor Golikov, Olga Lebedeva, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez, José Alonso Pérez Cruz, Francisco Méndez Martínez.

1.11.5 ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE DIVISORES ÓPTICOS PARA APLICACIONES FTTH USANDO EL MÉTODO SPSS 1058

Irina Crespo Huitrón, Raúl Castillo Pérez.

1.11.6 SISTEMA EMBEBIDO PARA MONITOREO GEO-REFERENCIADO EN TIEMPO REAL DE CONTENEDORES REFRIGERADOS MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS 1073

José Ramón Atoche Enseñat, Freddy Antonio Ix Andrade, Julio César Cabrera Pérez, Giovanni Cervera Ferriol, Jorge Carlos Canto Esquivel, Margarita Álvarez Cervera.

1.11.7 TECNICA DE UMBRAL RAMAN MEJORADA PARA CALCULAR EL COEFICIENTE DE GANANCIA RAMAN EN FIBRA DE SÍLICE 1084

L. de la Cruz-May*, M. May Alarcón, J. F. Vásquez-Jiménez, A. BovesDamián, E. Cornelio, A. Soto-Valenzuela.

**1.1 AUTOMATIZACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**
ALGORITMOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE TIPO HAAR

César Iván Cobos May, Víctor Uc Cetina, Carlos Brito Loeza
Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán
beer.2889@gmail.com, ucetina@uady.mx, carlos.brito@uady.mx

Resumen

En este trabajo se presentan dos métodos para generar características tipo Haar a partir de una imagen dada. Los métodos se desarrollan a partir de una imagen en blanco y negro y, primeramente, para regiones conexas y convexas; luego se generaliza la idea para imágenes en RGB y para cualquier tipo de región en general. Se presenta por primera vez el diseño de una característica tipo Haar de tres colores (siempre se diseñan de dos), y se menciona también la ventaja y desventaja de cada uno de los métodos comparado con el otro.

Abstract

In this article two methods for creating Haar-like features from a given image are introduced. Such methods are initially developed for black-and-white images, with connected and convex regions; the algorithms are later generalized for RGB images containing any type of general region. The design of Haar-like features using three colors is also presented (they are usually designed with two colors). Finally, a comparison of the advantages and drawbacks of the methods is provided.

1. Introducción

El aprendizaje automático [1] es una de las ramas principales de la inteligencia artificial (IA), que se centra en el desarrollo de técnicas para poder crear algoritmos capaces de extraer modelos o patrones de información no estructurada, a partir de datos o experiencias previas. El esquema de cómo funciona un algoritmo basado en técnicas de aprendizaje automático es el siguiente: se tiene un conjunto de ejemplos, sobre el cuál se aplicarán dichas técnicas, con el fin de generar un modelo. Este modelo será capaz de dar una respuesta satisfactoria sobre un nuevo ejemplo, no contemplado en el conjunto inicial.

Las aplicaciones de los distintos tipos y técnicas del aprendizaje automático están en constante desarrollo, ya que se pueden aplicar a un rango muy amplio de tecnologías. Los sectores en los cuáles estas técnicas de la IA están teniendo un mayor auge y efectividad son los siguientes: algoritmos para la predicción de la evolución de un mercado, detección de operaciones anómalas en tarjetas de crédito de clientes, detección de la mejor ruta en una red, técnicas de minería de datos, bioinformática, entre otros

Se han categorizado las distintas técnicas y algoritmos que pertenecen a esta rama de la IA según el tipo de aprendizaje que utilizan éstas. En este trabajo nos centraremos en el aprendizaje supervisado, que es el tipo de aprendizaje en el que se engloban las técnicas en las que, para poder deducir una función o un patrón en un conjunto de datos, es necesario proveer al algoritmo en desarrollo un conjunto de datos entrenamiento, para así poder "entrenar" a dicho algoritmo y que éste pueda predecir el valor de cualquier entrada dada.

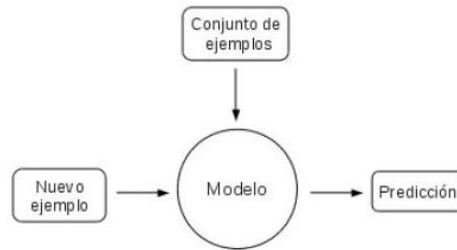


Figura 1. Metodología del aprendizaje supervisado. Un conjunto de ejemplos genera un modelo, el cual, evalúa nuevos ejemplos para generar predicciones acerca de ellos.

El boosting [16] es una de las ideas de aprendizaje automático más poderosas desarrolladas en los últimos diez años. Es un algoritmo que fue diseñado originalmente para problemas de clasificación y se basa en combinar las predicciones de varios clasificadores débiles (algoritmos cuya tasa de error es apenas menor a 0.5) para formar, con todas ellas, un “comité”. Uno de los algoritmos de boosting más utilizados es el Adaptive Boosting (AdaBoost), el cual, recibe el adjetivo de “adaptive” debido a que, cada clasificador nuevo que se crea, le da más importancia (peso) a los ejemplos que estuvieron mal clasificados por el anterior, es decir, se va adaptando conforme al desempeño que tenga cada clasificador.

A los clasificadores finales determinados con AdaBoost les llamaremos clasificadores fuertes. Estos clasificadores, a su vez, se pueden concatenar formando lo que se conoce como una cascada de clasificadores.

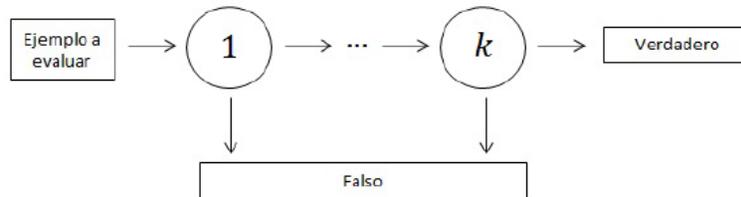


Figura 2. Cascada de clasificadores binarios con k nodos.

En este trabajo abordaremos un problema de clasificación, considerando una cascada de clasificadores binarios, determinando, cada uno de ellos, con AdaBoost. Los elementos que evaluaremos en nuestra cascada serán imágenes.

Visión computacional [6] es un campo en el cuál se determinan métodos para procesar, analizar y entender imágenes para producir algún tipo de información, ya sea numérica o simbólica, es decir, en forma de decisiones. En visión computacional, el concepto de característica se usa para denotar una parte de información que es relevante para resolver una tarea computacional, relacionada a cierta aplicación. El concepto de característica es muy general, y la elección de características en un sistema depende altamente del problema que se quiere tratar. Las características tipo Haar, son características de imágenes usadas para el reconocimiento de objetos y reciben su nombre por su similitud con las onduletas de Haar. Una característica rectangular simple de tipo Haar se define como la diferencia de la suma de los píxeles comprendidos en las áreas de dos rectángulos, los cuales, pueden estar en cualquier posición (vertical, horizontal, etc.) o escala, dentro de la imagen original.

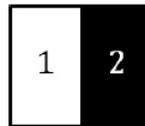


Figura 3. Característica de dos rectángulos vertical. El cálculo se obtiene de restar la suma de los valores de los pixeles comprendidos entre las regiones 1 y 2.

Los valores de esta diferencia indican ciertas características en un área particular de la imagen. Cada característica de tipo Haar puede indicar la existencia (o ausencia) de ciertas características en la imagen, como bordes o cambios de textura.

2. Planteamiento del problema

Consideremos un problema de clasificación binaria de objetos (en nuestro caso, imágenes), utilizando una cascada de clasificadores binarios. Sea T un conjunto de entrenamiento para dicho problema dado. Lo que se desea es desarrollar un algoritmo que encuentre el conjunto HT conformado por las características de tipo Haar que mejor se adapten a la morfología del conjunto de imágenes T . Estas características contenidas en el conjunto HT servirán como clasificadores débiles para encontrar un clasificador fuerte determinado por AdaBoost. Así mismo, se analizarán las garantías de desempeño de dicho algoritmo, es decir, bajo qué condiciones funciona, cuáles son sus ventajas, desventajas, limitaciones y cuál es la mejoría en comparación con los clasificadores que utilizan una elección empírica de estas características de tipo Haar.

3. Justificación

AdaBoost es uno de los métodos de clasificación más robustos y más utilizados actualmente. Las características tipo Haar son muy útiles para detección de patrones en imágenes en conjunto con el AdaBoost, estas se han utilizado para la detección de rostros [4], personas [2], ademanes con la mano [13], letras [14], etc.

Aun así, en los artículos mencionados anteriormente, no se especifica cómo se deducen las características utilizadas en ellos para su problema en cuestión, todas se diseñan de una manera empírica. De ahí el interés por desarrollar un método con el cuál, a partir de una imagen del objeto de estudio, se diseñe la característica tipo Haar asociada a dicha imagen. Esto será de más ayuda para el AdaBoost ya que la característica aportará más información al clasificador, dado que se adapta mejor a la morfología de la imagen, y así, este tendrá un mejor desempeño.

En este trabajo, proponemos aportar un poco de entendimiento sobre la forma en la cual se deben diseñar y utilizar las características de tipo Haar dado un conjunto de imágenes de entrenamiento. El método que proponemos se basa en la morfología de la imagen, para así tener una mejor aproximación del objeto de estudio.

4. Solución al problema

4.1 Método simple

El concepto de imagen integral [4] provee una forma rápida de hacer cálculos en la suma de los pixeles correspondientes a una imagen cuando la región que comprende a esos pixeles es un rectángulo. Para aprovechar estos cálculos rápidos, nuestro objetivo será aproximar la región



delimitada por el objeto de estudio por medio de rectángulos, para así poder crear una característica de tipo Haar que no sólo se adapte a la figura en cuestión, sino que, para la cual, se puedan hacer cálculos rápidos en la suma de los pixeles que comprende.

Definición 4.1.1. Definimos una curva simple Z como la imagen de una aplicación $z:I \rightarrow \mathbb{R}^2$ que es continua e inyectiva en el intervalo I , es decir, si $z(t_1) = z(t_2)$ entonces $t_1 = t_2$ para todo $t_1, t_2 \in \mathbb{R}$.

Así, una curva simple es aquella que no se corta así misma. Si $I = [a, b]$, llamaremos a $z(a)$ y $z(b)$ los extremos de la curva.

Definición 4.1.2. Se dice que una curva simple Z es cerrada si la aplicación $z:I \rightarrow \mathbb{R}^2$ (de la cual es imagen), cumple que $z(a) = z(b)$ para $I = [a, b]$.

En este trabajo sólo consideraremos curvas cerradas simples cuyo dominio sea $I = [a, b]$.

Notación. Sea Z una curva simple, y $z = (x_0, y_0) \in Z$. Denotaremos $[z]_x = x_0$ y $[z]_y = y_0$.

Definición 4.1.3. Sea Z una curva cerrada simple. Decimos que un punto $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ está en el interior de Z si existen puntos $(x_a, y), (x_b, y), (x, y_a), (x, y_b) \in Z$ tales que $x \in [x_a, x_b]$ y $y \in [y_a, y_b]$. Denotaremos a este conjunto como $int(Z)$.

Notación. Sea Z un conjunto no vacío, y sean $x, y \in Z$. Denotaremos a $l_{x,y}$ al segmento de línea comprendida entre los puntos x e y .

Sea Z una curva cerrada simple tal que $int(Z)$ es una región conexa y acotada, y $\pi_x: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ la función proyección al eje x , definida por $\pi_x(x, y) = x$, para todo $(x, y) \in \mathbb{R}^2$. Consideremos el conjunto $\pi[int(Z)]$; dado que este conjunto es acotado en \mathbb{R} , existe un elemento mínimo y uno máximo. Sean:

$$x_0 = \min \pi_x[int(Z)]$$

$$x_N = \max \pi_x[int(Z)]$$

Particionemos el intervalo $[x_0, x_N]$ en N regiones de longitud $\frac{x_N - x_0}{N}$.

Para cada punto $x_i = x_0 + \frac{i(x_N - x_0)}{N}$ con $i \in \{0, \dots, N\}$ tracemos la línea vertical v_i que pase por dicho punto. También, para cada intervalo $[x_i, x_{i+1}]$ ($i \neq N$) tracemos la recta vertical v_{m_i} que pasa por el punto medio del intervalo.

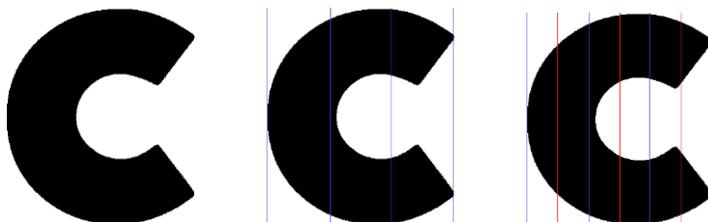




Figura 4.(a) La imagen original. Consideremos $N = 3$. (b) Imagen junto con el trazo de las rectas v_i (azul). (c) Imagen junto con las rectas v_{m_i} (rojo) que pasan por la mitad de cada intervalo.

Consideremos el conjunto:

$$W = \{w \in \mathbb{R} \mid w \text{ es un punto de corte entre } v_{m_i} \text{ y } Z\}$$

Notemos que, para cada $w = (x, y) \in W$, $x = \frac{x_i - x_{i+1}}{2}$, así que, tomemos todos los valores $y_j \in \mathbb{R}$, tales que $(\frac{x_i - x_{i+1}}{2}, y_j) \in W$, ordenados de menor a mayor. Para cada valor j , si se cumple que $I_{y_j, y_{j+1}} \subset Z$, conservemos el segmento de recta ya trazado en v_{m_i} , de lo contrario, se elimina dicho segmento.

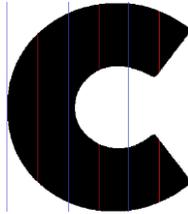


Figura 5. Se eliminan los segmentos de las rectas v_{m_i} que caen fuera del interior de la región Z .

Finalmente, consideremos los rectángulos formados por las rectas v_i limitadas a la longitud de las rectas recortadas v_{m_i} .

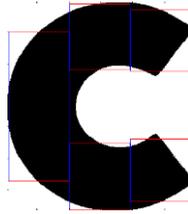


Figura 6. Aproximación final de la región por medio de rectángulos.

Así, con este algoritmo logramos aproximar la región $int(Z)$ con rectángulos (no necesariamente N rectángulos).

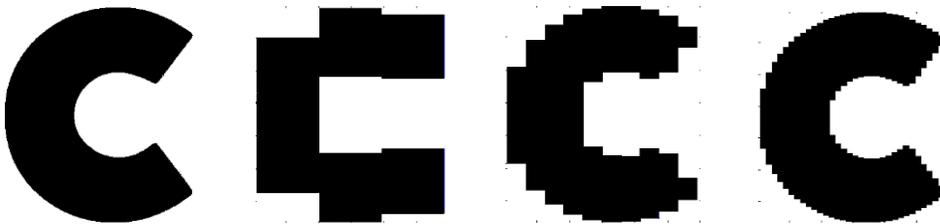




Figura 7. Imagen original junto con sus aproximaciones por medio de rectángulos con el método simple, tomando $N = 3, 10, 32$, respectivamente.

Para regiones no conexas, basta con aplicar este algoritmo en cada una de las componentes conexas de la región.

4.2 Método optimizado

En la sección anterior aproximamos una imagen por medio de un número fijo de intervalos (N), en esta sección intentaremos aproximarla por el mínimo número de rectángulos posibles. Recordemos que esta aproximación se utilizará para crear una característica de tipo Haar, y mientras menos rectángulos contenga dicha característica, menos cálculos se necesitarán para hallar la suma de los pixeles comprendidos en ella.

Sea Z una curva cerrada simple, tal que $int(Z)$ es una región conexa, convexa y acotada, y sea h una línea horizontal que corta a Z en, al menos, dos puntos. Sean z_1^h, z_2^h los puntos de corte de h con el borde del interior de Z . Tomemos las líneas verticales v_1, v_2 que pasan por los puntos z_1^h, z_2^h respectivamente.

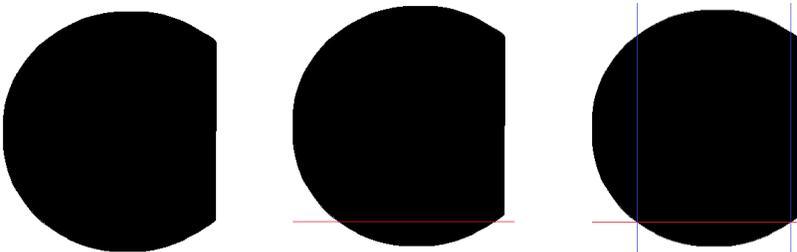


Figura 8. (a) La imagen original. (b) Imagen junto con la línea horizontal h (rojo). (c) Imagen junto con las rectas v_1 y v_2 (azul). Los puntos z_1^h y z_2^h se obtienen de las intersecciones de h con v_1 y h con v_2 , respectivamente.

Ahora, consideremos los conjuntos:

$$A = \{a \in \mathbb{R} \mid a \text{ es un punto de corte entre } v_1 \text{ y } Z\}$$

$$B = \{b \in \mathbb{R} \mid b \text{ es un punto de corte entre } v_2 \text{ y } Z\}$$

$$D_A = \{\|z_1^h - a\|, \text{ para todo } a \in A\}$$

$$D_B = \{\|z_1^h - b\|, \text{ para todo } b \in B\}$$

Y definamos:

$$\hat{a} = \max_a D_A$$

$$\hat{b} = \max_b D_B$$



$$c = \min\{\hat{a}, \hat{b}\}$$

Si $c = \hat{a}$, se elimina la línea vertical v_2 , de lo contrario, elimina la línea v_1 .

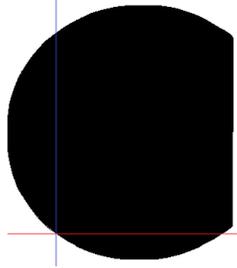


Figura 9. Imagen resultante después de calcular el valor de c , eliminando la recta correspondiente.

Finalmente, se completa el rectángulo con vértices z_1, z_2 y c , de la única manera posible. Denotaremos este rectángulo como R_h , el rectángulo asociado a la recta h .

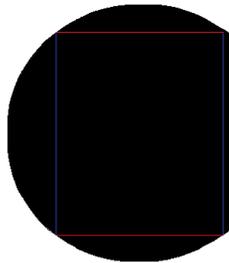


Figura 10. Rectángulo final trazado en la imagen a partir de la línea horizontal h .

Si repetimos este procedimiento para toda línea horizontal h que corte a Z en, al menos, dos puntos, tendríamos una serie de rectángulos trazados dentro de la imagen, uno por cada recta h que exista. Teniendo en cuenta esto, consideremos el conjunto:

$$h_{max} = \max_h \{A(R_h) \mid h \text{ es una línea horizontal que corta a } X \text{ en, al menos, dos puntos}\}$$

En donde $A(R_h)$ es el área del rectángulo R_h . De esta manera, se ha construido el rectángulo, cuyos lados son paralelos a los ejes coordenados, más grande que puede contener una imagen. Denotaremos dicho rectángulo máximo como:

$$R_{max} = R_{h_{max}}$$

Para la imagen del ejemplo anterior, el rectángulo máximo es:

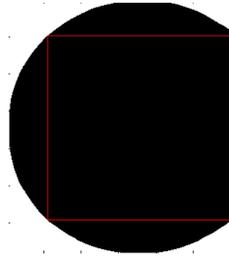


Figura 11. Rectángulo R_{max} asociado a la imagen del ejemplo.

Consideremos el siguiente conjunto de imágenes:

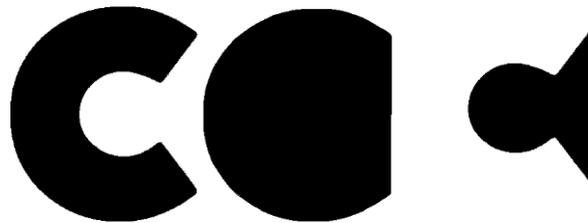


Figura 12. (a) Imagen original, que se obtiene de restar la imagen en (b) con (c).

En la Figura 12, notemos que la imagen en (a) se obtiene restando la imagen en (b) con la imagen en (c). La aproximación para (b) por medio de rectángulos se calculó. Sabiendo esto podemos aproximar (a), que no es convexa, con el método óptimo, haciendo lo siguiente:

Primero, aproximemos la región (c) por el método óptimo. Dado que esta región no es convexa, calcularemos primero su envolvente convexa.



Figura 13. (a) Envólvente convexa de Figura 12 (c).

A esta componente, ya se le puede aplicar el método óptimo para calcular su aproximación por rectángulos.

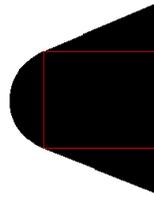


Figura 14. Aproximación por rectángulos de la envolvente convexa, por medio del método óptimo.

Así, la aproximación por medio de rectángulos de la Figura 12 (a), estará dada por medio de la resta entre las aproximaciones de la Figura 12 (b) y (c).

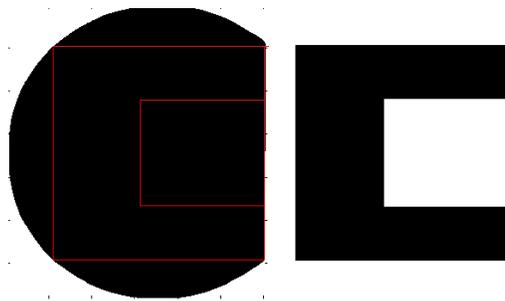


Figura 15. (a) Ambas aproximaciones dibujadas simultáneamente sobre la imagen. (b) Aproximación final que se obtiene de restar las aproximaciones dibujadas en (a).

Para ambos métodos, las características tipo Haar que se obtienen son las que siguen:

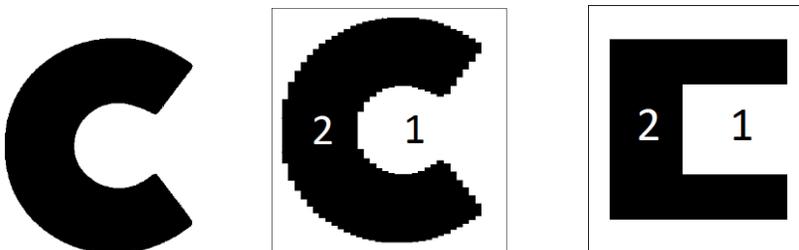


Figura 16. (a) Imagen original. (b) Característica tipo Haar resultante de el método simple. (c) Característica tipo Haar resultante del método óptimo.

4.3 Características tipo Haar para imágenes en RGB

Ahora, abordaremos el caso en donde tenemos, ya no una imagen binarizada, sino una imagen en RGB. Consideremos como caso particular la imagen de un parásito de la enfermedad de Chagas (*Trypanosoma cruzi*):

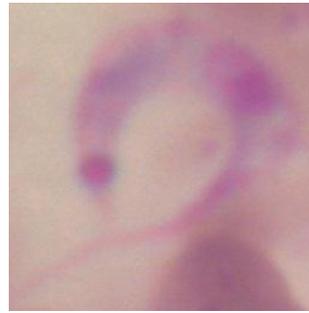


Figura 17. Imagen de un parásito de Chagas tomada de una muestra de sangre.

Primero, apliquemos el algoritmo de k-medias, (con $k = 8$), para obtener la imagen dividida en colores:

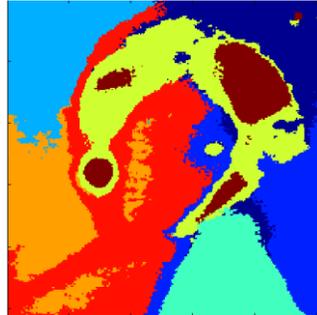


Figura 18. Algoritmo de k-medias aplicado a la Figura 17, con $k = 8$.

Consideremos las regiones de interés del parásito, esto es, su “cuerpo” y lo que está dentro de él.



Figura 19. Regiones a considerar del parásito.

Ahora, apliquemos el método óptimo a cada una de las regiones de la Figura 19, si las regiones no son convexas, se calcula primeramente la envolvente convexa (como en la Figura 14), y posteriormente se aplica el método. Para simplificar un poco el trabajo, consideremos las tres regiones conexas de mayor área para aplicarles el método:

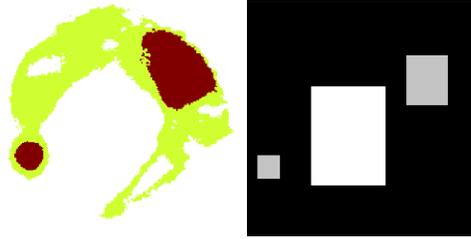


Figura 20. (a) Regiones de la imagen a aproximar. (b) Aproximación por medio de rectángulos.

En este caso, la suma de la característica de tipo Haar se calcula de una manera diferente. Sea x la suma de los píxeles negros, y la suma de los píxeles grises y z la suma de los píxeles blancos. El cálculo de la suma de la característica será un vector, en vez de un escalar como en el caso binario, y está dado por:

$$H = \begin{pmatrix} x - y \\ x - z \\ y - z \end{pmatrix}$$

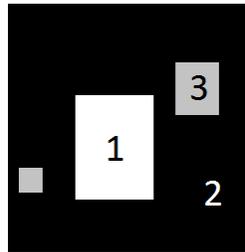


Figura 21. Característica tipo Haar asociada al parásito de chagas.

5. Conclusiones

A pesar de que, claramente, la aproximación por el método simple es mejor (dado que se asemeja más a la morfología de la imagen original), también es computacionalmente más costosa que la aproximación por el método optimizado.

El concepto de imagen integral permite calcular la suma de los píxeles dentro de un rectángulo (de cualquier dimensión) tan sólo realizando cuatro sumas. Para la aproximación del método simple con $N = 32$, se utilizan 52 rectángulos para aproximar la imagen, es decir, la computadora necesitaría realizar $52 \cdot 4 = 208$ sumas para calcular el valor de la suma de la característica. En contraparte, el método optimizado aproxima la imagen solamente por medio de dos rectángulos, y para esto sólo se requieren 9 sumas. Esto reduce en un 96% el número de sumas que tiene que realizar la computadora para el cálculo.

Así que, a pesar de que el método simple da una mejor aproximación, utilizar la característica tipo Haar que resulta de él requiere muchas operaciones para realizar los cálculos, en cambio, el método optimizado, aunque no aproxima tan preciso como el método simple, se pueden hacer rápidos los cálculos al utilizarlo.



6. Trabajo futuro

Una vez diseñada la característica tipo Haar, el siguiente paso es probar su desempeño utilizándola como clasificador débil. Para cada imagen en el conjunto de entrenamiento se calculará su característica tipo Haar, y dichas características son las que utilizará el AdaBoost en la fase de entrenamiento. Al finar de ello, se verá el desempeño de las características en la fase de clasificación, es decir, si el clasificador fuerte que resulta del AdaBoost a partir de ellas es un buen o mal clasificador. Esto se hará utilizando los dos métodos para poder comparar.

7. Referencias

- [1] T. Mitchell, *Machine Learning*, (McGraw Hill, International), 414, (1997).
- [2] M. Oren, C. Papageorgiou, P. Sinha, E. Osuna, T. Poggio, *CVPR*, **1**, 193-199, (1997).
- [3] C. Papageorgiou, M. Oren, T. Poggio, *ICCV*, **1**, 555-562, (1998).
- [4] P. Viola, M. Jones, *CVPR*, **1**, 511-518, (2001).
- [5] T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction*, (Springer, New York), 533, (2001).
- [6] L. Shapiro, G. Stockman, *Computer Vision*, (Prentice Hall), 608, (2001).
- [7] R. Lienhart, J. Maydt, *ICIP*, **1**, 900-903, (2002).
- [8] S. Mendelson, A. Smola, *Advanced Lectures on Machine Learning. Machine Learning Summer School 2002, Canberra, Australia*, (Springer), 257, (2002).
- [9] D. MacKay, *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*, (Cambridge University Press), 640, (2003).
- [10] T. Mita, T. Kaneko, O. Hori, *ICCV*, **2**, 1619-1626, (2005).
- [11] A. Barczak, M. Johnson, C. Messom, *Res. Lett. Inf. Math. Sci.*, **9**, 98-111, (2006).
- [12] C. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, (Springer, Cambridge), 760, (2006).
- [13] Q. Chen, N. Georganas, *TIM*, **57**, 1562-1571, (2008).
- [14] N. Mavaddat, T. Kim, R. Cipolla, *IAPR MVA*, **1**, 94-97, (2009).
- [15] E. Alpaydi, *Introduction to Machine Learning*, (Massachussets Institute of Technology), 584, (2010).
- [16] R. Schapire, Y. Freund, *Boosting: Foundations and Algorithms*, (Massachussets Institute of Technology), 544, (2012).



ARQUITECTURA HARDWARE EN FPGA PARA EL CONTROL DE GIRO Y VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CD

**Rosa Isela Brena Luis, Ignacio Algreto Badillo,
Félix Emilio Luis Pérez, J. Jesús Arellano Pimentel**

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel: 01-971-5224050
ross.brena@gmail.com, {algreodobadillo, eluis, jjap}@sandunga.unistmo.edu.mx

Resumen— En situaciones donde se requieren controlar gran cantidad de motores, se necesita de un número proporcional de circuitos integrados que permitan esta acción. Por un lado, si se utilizan procesadores de propósito general, entonces se tiene flexibilidad pero no velocidad de procesamiento. Por otro lado, los sistemas en lógica reconfigurable reportan alta velocidad y flexibilidad debido a que permiten paralelización y gran número de puertos. Este trabajo es parte de un proyecto donde se controlan varios motores de un brazo robótico y de una silla eléctrica de ruedas. En este artículo se propone la utilización de una plataforma en FPGA para el control de un motor de CD. La arquitectura está basada en una máquina de estados finitos para el cambio de giro y múltiples velocidades seleccionadas a partir de un contador y un multiplexor. La descripción se realizó en VHDL y requiere de 29 slices a 217.8 MHz.

Abstract— There are situations which require large amount of engine control, it takes a similar number of integrated circuits that allow this action. At first, if using general-purpose processors, then it has flexibility but it hasn't processing speed. On the other hand, the reconfigurable logic systems reported a high velocity and flexibility because they allow parallelization and use of large number ports. This work is part of a project where multiple motors are controlled in a robotic arm and a power wheelchair. This paper proposes the use of FPGA platform to control a DC motor. The architecture is based on a finite state machine for the change of rotation and multiple speeds selected from a counter and a multiplexer. The implementation was made in VHDL and requires 29 slices to 217.8 MHz.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de FPGAs (*field programmable gate array*) para la implementación de sistemas electrónicos es cada vez más demandante, debido a su velocidad de procesamiento y flexibilidad. En este sentido, hoy en día, cuando se lleva a cabo el diseño de un sistema digital, surge la necesidad de implementarlo de manera que ocupe menor cantidad de recursos hardware, que sea rápido y además, flexible. Por otro lado, el hardware de propósito general no cumple con especificaciones más estrictas, ya que requiere de una gran cantidad de tiempo de cálculo y software específico. Esto no sucede en hardware dedicado, porque se permite alcanzar los límites de frecuencia necesarios para que las operaciones se realicen en tiempo real, reportando velocidades de proceso muy superiores, de 10 a 100 veces, comparada con los mismos sistemas implementados en software ejecutándose en sistemas operativos de propósito general. Principalmente, el



desarrollo de tecnologías de sistemas en FPGA se diseña para cubrir necesidades específicas e ir más allá, implementando algoritmos que requieren altas velocidades de procesamiento y flexibilidad. Este último punto ofrece una de las ventajas del FPGA, ya que se puede hacer uso de una gran variedad de componentes que facilitan el diseño de sistemas haciéndolo eficiente y novedoso [1]. Además, estos dispositivos pueden adaptarse a diversas aplicaciones permitiendo el diseño de hardware a un tamaño más reducido o más rápido, todo ello a un costo relativamente bajo por el hecho de ser configurable.

Actualmente, se presentan algunas aplicaciones de robots móviles con capacidades extraordinarias y cuyo funcionamiento es simple, ya que importan tanto el comportamiento del dispositivo como el diseño del hardware. Posterior a este desarrollo es posible dar un paso adelante y añadir más características que hagan del robot una entidad más acercada a la realidad [2].

Este trabajo es parte de un proyecto más grande donde se está diseñando y desarrollando una silla eléctrica de ruedas autónoma con un brazo robótico, para la cual uno de los principales sistemas a controlar son los motores de corriente directa (CD), que han tomado gran auge por sus características peculiares de admitir regulación de velocidad.

El propósito de este trabajo es integrar distintos módulos para el control de velocidad y giro. La descripción de la arquitectura es realizada en VHDL utilizando la herramienta Active-HDL 8.3, diseñándose los módulos necesarios para el control del motor de CD. La parte principal es a través del concepto de autómatas finitos para el control principal del sistema. Para la implementación y validación se utiliza una tarjeta de desarrollo y la herramienta Xilinx ISE13.2.

2. SISTEMAS DIGITALES Y MOTORES DE CD

Actualmente, hay una gran cantidad de sistemas electrónicos muy sofisticados como son los teléfonos celulares, equipos de cómputo, aparatos electrodomésticos, equipos industriales, entre otros, que demuestran el crecimiento en el desarrollo tecnológico, el cual ha hecho posible la reducción de dimensiones en los sistemas. De esta manera, surgen los sistemas electrónicos digitales que son implementados en circuitos de integración de baja escala (SSI, *Small Scale Integration*), los de mediana escala (MSI, *Medium Scale Integration*), los de muy alta escala (VLSI, *Very Large Scale Integration*), ya sea en procesadores de propósito general (GPPs, *General Purpose Processors*), circuitos hardware de propósito general (familia TTL o CMOS) hasta los circuitos integrados de propósito específico (ASIC, *Application Specific Integrated Circuit*) [3].

La tendencia en el diseño de circuitos para aplicaciones específicas se basa en la utilización de celdas programables preestablecidas dentro del circuito integrado. Con base a lo anterior, surgen los dispositivos lógicos programables (PLDs, *Programmable Logic Device*) cuyo nivel de densidad de integración se ha venido incrementando al paso del tiempo. En ese sentido, se tienen en el mercado desde los arreglos Lógicos Programables (PAL, *Programmable Array Logic*) hasta los Dispositivos Lógicos Programables Complejos (CPLD, *Complex Programmable Logic Device*) y Arreglos de Compuertas de Programables en Campo (FPGA, *Field Programmable Gate Array*), que han dado como resultado mayor facilidad en el desarrollo de estos circuitos y una disminución en su costo de fabricación.



Diseñar aplicaciones usando los dispositivos anteriores, requiere de lenguajes de descripción y hay uno en específico que es considerado una de las mejores herramientas para el diseño de sistemas llamado VHDL. Este lenguaje de descripción de hardware VHDL es el acrónimo que representa la combinación de VHSIC (*Very High Speed Integrated Circuit*) y HDL (*Hardware Description Language*) da la posibilidad de integrar aplicaciones digitales de forma fácil y práctica.

VHDL es un lenguaje de descripción de hardware orientado al modelado de sistemas digitales y pertenece a un conjunto de lenguajes especializados en la descripción de componentes de hardware. Este lenguaje permite modelar, verificar y simular sistemas digitales, a través de la simulación por eventos y la metodología *top-down* [3]. Además, los diseños realizados pueden ser traducidos a una implementación real, proceso que se conoce como sintetizar, es decir, la transformación de la descripción en VHDL a los componentes lógicos necesarios para realizar un sistema real [4].

En particular, VHDL permite tanto una descripción de la estructura del circuito (descripción a partir de subcircuitos más sencillos), como la especificación de la funcionalidad de un circuito utilizando formas familiares a los lenguajes de programación. La misión más importante de un lenguaje de descripción hardware es que sea capaz de simular perfectamente el comportamiento lógico de un circuito sin que el programador necesite imponer restricciones. Esta herramienta es utilizada en la industria y es la base en el uso de dispositivos lógicos programables, entre ellos los FPGAs, dispositivos muy importantes en el desarrollo de sistemas digitales de última generación que permiten la capacidad de 5000 a 10 millones de compuertas en un solo chip [5].

Los FPGAs son un arreglo bidimensional de bloques lógicos reprogramables colocados con interconexiones entre los mismos incluyendo entradas y salidas. Estas ventajas han hecho que los FPGAs sean una excelente herramienta para el diseño e implementación de sistemas digitales dentro del área industrial.

Por otro lado los motores, tanto de corriente continua como de corriente alterna son muy efectivos en muchas labores cotidianas. En cuanto al motor de corriente continua, ver Figura 1, es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.



Figura 1. Motor de CD



3. Sistema Propuesto y metodología

El sistema propuesto está basado en una arquitectura hardware para el control de velocidad y giro de un motor de CD. En la Figura 2 se observan los elementos que conforman el sistema. Lo que se quiere realizar es una maquina de estado que controle el giro y velocidad de un motor de CD, después se programará en una tarjeta y, por último, se validará con motores reales.

Cada módulo del sistema se explica a continuación:

1. Es la unidad principal que regirá el sistema y procesa los datos de entrada y salida, utilizando un contador y un multiplexor. Esta arquitectura hardware estará implementada en la tarjeta de desarrollo FPGA y basada en una máquina de estados finitos (FSM, *Finite State Machine*).
2. Se usará un integrado en especial para proporcionar la potencia al motor, lo cual no puede manejar la tarjeta de desarrollo.
3. Su utilizarán motores de CD que serán montados en un robot móvil de prueba.

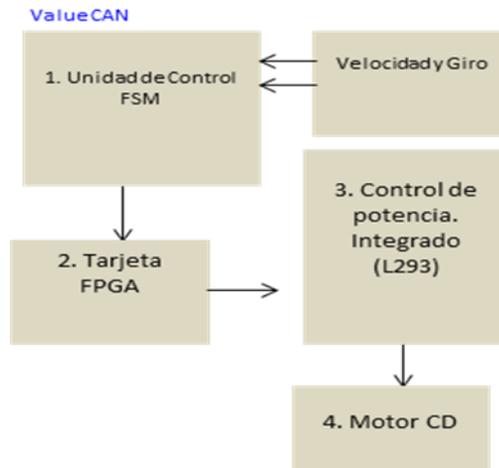


Figura 2. Vista general del sistema

La metodología para el diseño y desarrollo de la arquitectura en el FPGA, se muestra en la Figura 3.

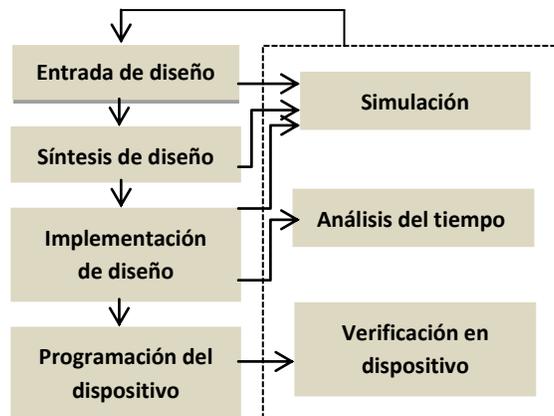


Figura 3. Flujo de diseño



Esta metodología se resume en lo siguiente:

- Definición del diseño: Se establecen los requerimientos del circuito que se va a plantear.
- Diseño: Creación de los archivos fuente.
- Simulación: Creación del archivo de simulación y prueba funcional del diseño.
- Síntesis e implementación: Se define el archivo *.ucf* que contiene la conexión de los puertos de entrada y salida del diseño con los pines del FPGA.
- Se realiza el proceso de síntesis e implementación.
- Comprobación del circuito en la tarjeta: Descarga del archivo *.bit* y se revisa la funcionalidad del circuito ya instalado en el FPGA.

Siguiendo esta metodología se tiene un uso eficiente en el tiempo de diseño y configuración de la tarjeta, además si hay algún error o modificación se puede regresar al punto anterior hasta que el sistema quede estable.

4. DESARROLLO

El siguiente tema a abordar es el desarrollo del sistema, por lo que se seguirá la metodología propuesta anteriormente. Se hará uso de la técnica PWM [6] para el diseño de las velocidades con las que contará el sistema, se describirá la arquitectura y su solución en base a la máquina de estados propuesta.

El primer punto primordial para el control del motor de CD es el diseñar una secuencia de pulsos para la velocidad del motor. Es posible utilizar diferentes técnicas, pero en este caso se aplica la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM, *Pulse-Width Modulation*), mediante el uso de una señal de control cuya duración en el tiempo está determinada por el nivel en alto. Este método permitirá que la aplicación represente múltiples velocidades.

Para la implementación del PWM, se propone diseñar una máquina de estados siguiendo la siguiente estructura, ver Figura 4.

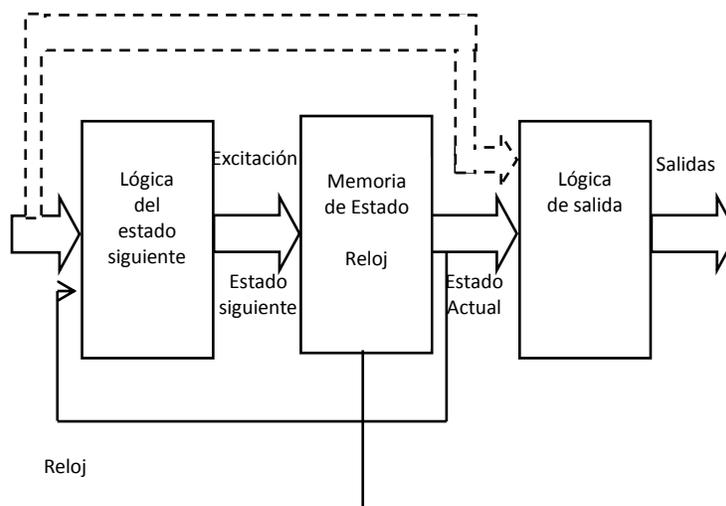


Figura 4. Estructura de una máquina de estados.



Para describir los módulos que integrarán el sistema de control del motor, fue necesario realizar un diagrama de caja negra en el que se indiquen las entradas y salidas del sistema, ver Figura 5.

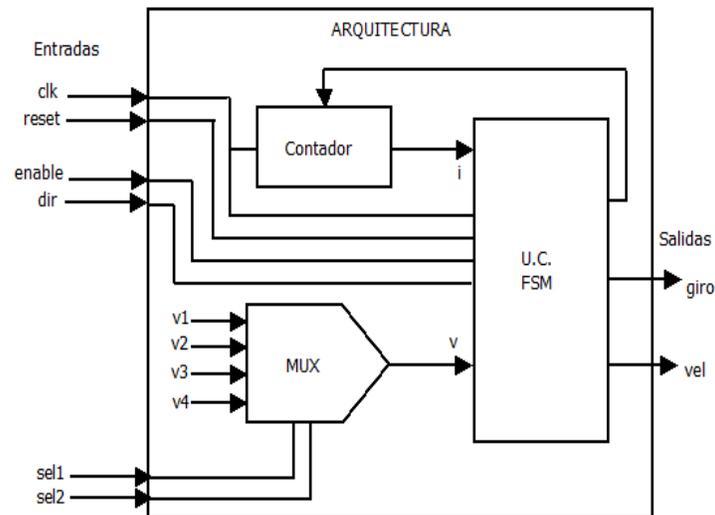


Figura 5. Diagrama de caja negra del controlador del motor cd.

La descripción de los puertos de E/S (entrada/salida) de la arquitectura es la siguiente:

clk: Es el reloj del sistema y gobierna todas las transiciones entre estados.

reset: Entrada que detiene todo el sistema y devuelve la maquina de estados al estado inicial.

Si $reset = 1$, el sistema se reinicia.

Si $reset = 0$, el sistema sigue su funcionamiento normal.

enable: Entrada encargada de habilitar el control

Si $enable = 1$ el circuito realizará su función.

Si $enable = 0$ el control conservará el último estado de las salidas.

dir: Entrada encargada de indicar la dirección de giro del motor.

Si $dir = 0$, el motor gira en sentido horario,

Si $dir = 1$, el motor gira en sentido antihorario.

sel1, *sel2*: Son las entradas para elegir la velocidad, dichas entradas llegan al multiplexor, ver Tabla I.



Tabla I

Sel1	Sel2	Velocidad
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

Tabla I. Las velocidades para el motor

vel y *giro*: son las señales que salen del sistema general y son las encargadas de regir el motor de CD

La selección de cómo será el movimiento del motor es elegida a través de los interruptores de la tarjeta de desarrollo.

En general, un punto importante en el diseño de la arquitectura propuesta es que el diagrama de caja negra resulto de gran ayuda puesto que se puedo dividir el trabajo en módulos y así atacar el problema de forma más rápida. Además se identificaron los elementos que intervendrán para el funcionamiento del sistema. Ahora se analiza de forma particular, cada uno de los módulos que consisten en la FSM, el contador y el multiplexor.

Contador: A continuación se muestra el pseudocódigo que se utilizo para el tiempo de retardo y así llevar el control de los tiempos para el cambio de velocidad de acuerdo a la selección del multiplexor.

```
BEGIN
  IF reset = '1' THEN
    contador = '0';
  ELSE IF clk='1' THEN
    IF enable='1' THEN
      contador = contador + 1;
    END IF;
  END IF;
END PROCESS;
END
```

Multiplexor. Un multiplexor es un dispositivo que conmuta los datos digitales de distintas líneas de entrada a una única línea de salida según una secuencia temporal definida [7]. Para el control de velocidad se utiliza la modulación del ancho de pulso. Lo que se pretende es utilizar el concepto de un multiplexor para seleccionar las velocidades, que en este caso serán 4. Para esto, se nota que desde el punto de programación, equivale a una estructura *if-else*, donde las variables pueden tomar o uno u otro valor. Habiendo dicho esto se definen *V1*, *V2*, *V3* y *V4* que son las entradas del multiplexor, *sel1* y *sel2* que son las entradas de selección, y *V* como la salida del multiplexor que equivale a la velocidad activada. Es importante resaltar que se reportan cuatro diferentes



velocidades, pero la idea del multiplexor permite aumentar fácilmente el menú de velocidades sin modificar la FSM.

Unidad de Control - FSM. Una vez que se conoce el funcionamiento del circuito, se procede a realizar el diagrama de estados del mismo. La Figura 6 muestra este diagrama.

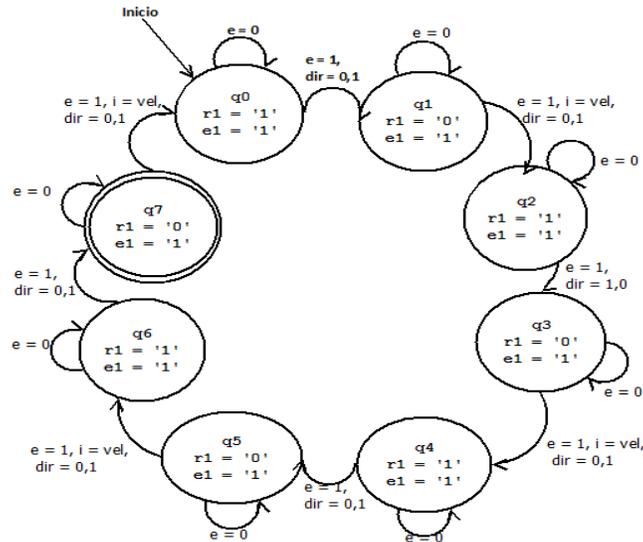


Figura 6. Diagrama de estados

De forma general el autómata fue diseñado para operar el movimiento del motor, controlando el giro y el cambio de velocidad; es decir, inicialmente el autómata se encuentra en estado inicial q_0 . Al estar en ese estado el motor se encuentra desactivado, por lo que al cambiar de giro o velocidad se va cambiando de estados de acuerdo a esas dos opciones. La finalidad del diseño del autómata fue para saber en qué estado se encuentra el motor e ir observando que pasa cada vez que los parámetros cambian.

Hasta ahora, se ha realizado la parte más elaborada del sistema: diseñar el modelo de caja negra y el autómata. Gracias a esto ya se tiene claro en qué consiste el sistema, qué nombres usaremos para nuestras variables y qué módulos son necesarios, para que la resolución sea más fácil, así como el encontrar errores y soluciones o, en su caso, hacer los ajustes necesarios.

5. Implementación

Se utilizó la herramienta Active-HDL 8.3 para describir a través del lenguaje VHDL el funcionamiento de cada módulo que compone el sistema, mediante una descripción estructural.

En la descripción de cada módulo se declararon las librerías correspondientes. En la arquitectura se definen los componentes del sistema, las señales, los procesos, así como cada entidad que forma parte del sistema.

El módulo más notorio de este esquema es la Unidad de Control que constituye la máquina de estados, ya que es ahí donde llegan las entradas (clk, dir, enable, sel1 y sel2), las cuales generan las salidas del sistema (vel y giro), este módulo está dentro de un instrucción *process* donde su lista de variables sensibles incluye al reloj.



Una vez compilados los archivos en la herramienta Active-HDL 8.3, estos archivos con extensión .vhd se agregan a un proyecto en la herramienta Xilinx ISE 13.2.

Al finalizar este proceso, se procede a validar la arquitectura en la tarjeta de desarrollo Spartan-3E Starter Kit [1], por lo que se sigue el siguiente proceso:

- Generar archivo .bit (*Generate Programming File*)
- Conectar la tarjeta Spartan 3E a la computadora por medio del cable USB.
- Ejecutar la opción "*Configure Device (iMPACT)*".
- Asignar el archivo .bit al dispositivo correspondiente. (asignar *bypass* a los otros dispositivos).
- Programar el FPGA haciendo clic derecho sobre el icono del dispositivo correspondiente.
- Esperar el mensaje de "Program Succeeded", por lo tanto, el código puede ser evaluado en la tarjeta.

A continuación se describe cada parte del circuito que se implementó para la validación del motor CD, como son el circuito de potencia para regir el motor, el circuito optoacoplador para aislar la parte del FPGA de la del motor y dos motores de CD de un robot móvil de prueba, ver Sección 3 y Figura 2.

Circuito de potencia para regir el motor

Para la validación de la arquitectura basada en FPGA se presentan dos problemas: el dispositivo no puede suministrar la corriente necesaria para mover un motor y, además, el motor de CD va alimentado a 12 Volts, mientras que los puertos del FPGA operan a 3.3 Volts. Para el primer problema, se usó el circuito integrado L293B [8] que ofrece la potencia necesaria para alimentar al motor, de esta manera, el esquema se muestra en la Figura 7.

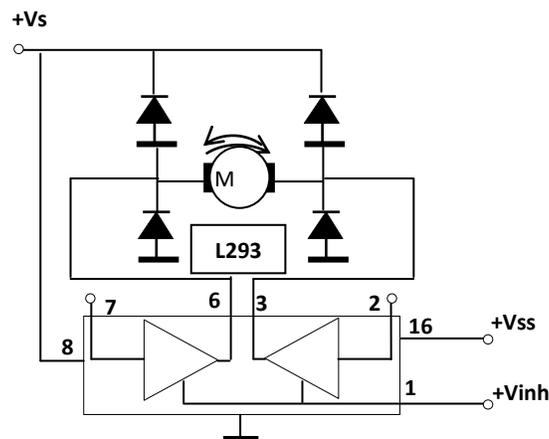


Figura 7. Esquema de la electrónica requerida para suministrar potencia al motor.

Para el segundo problema, hay que tener en cuenta que el FPGA maneja fuentes de tensión en su puerto distintas a las del motor (3,3V la FPGA y 12V el motor). Para evitar que corrientes o tensiones altas lleguen al FPGA desde el motor, es recomendable aislar la parte del FPGA de la del motor.



Para aislar ambas partes se hace uso de optoacopladores 4N25. Los optoacopladores utilizan fotodiodos y fototransistores para transmitir información proporcionando un aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. La Figura 8 muestra el circuito usando optoacopladores.

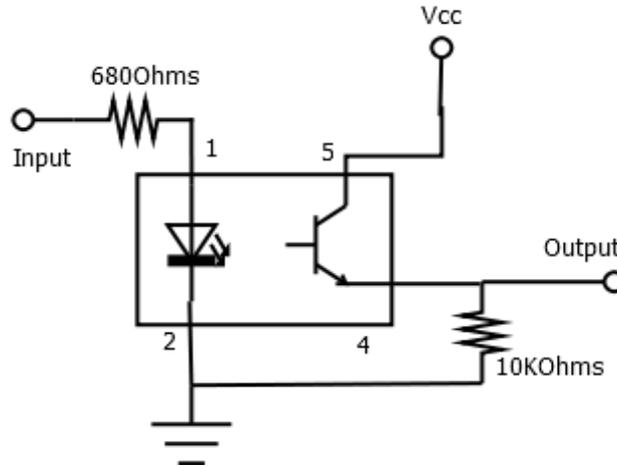


Figura 8. Esquema del circuito optoacoplador.

Una vez terminado el diseño del autómata, realizado el proceso de síntesis y la configuración del FPGA, se tuvo que implementar el circuito de potencia y el circuito optoacoplador en tarjeta de pruebas (*protoboard*).

6. RESULTADOS

La arquitectura hardware propuesta es implementada con la herramienta Xilinx ISE 13.2, cuyos resultados de implementación son una frecuencia máxima de reloj de 217.8 MHz usando 29 slices. Aunque la evaluación en la tarjeta de desarrollo operó a una frecuencia de 50 MHz.

En la Figura 9 se puede observar la unión del circuito L293 y los optoacopladores, cuando le llegan las salidas del FPGA.

La arquitectura se replicó dos veces para validarse y ejecutarse sobre dos motores de CD montados en la plataforma de un carrito originalmente dedicado al seguimiento de una trayectoria, ver Figura 10.

Un detalle importante dentro del sistema fue el control de frecuencias, para las velocidades del motor ya que, para lograr distinguir el cambio de velocidad se tuvo que modificar el retardo de la frecuencia del reloj. El control de la potencia es un factor importante para el movimiento de los motores.

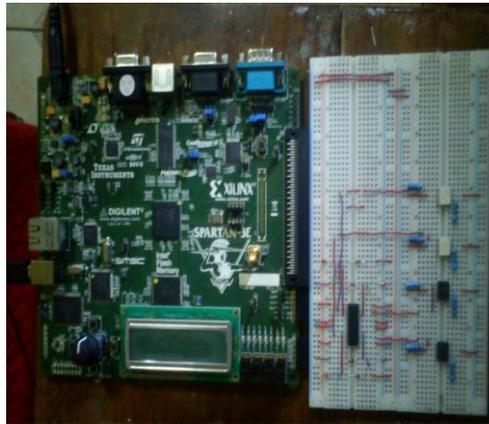


Figura 9. Implementación en la tarjeta Spartan 3E.

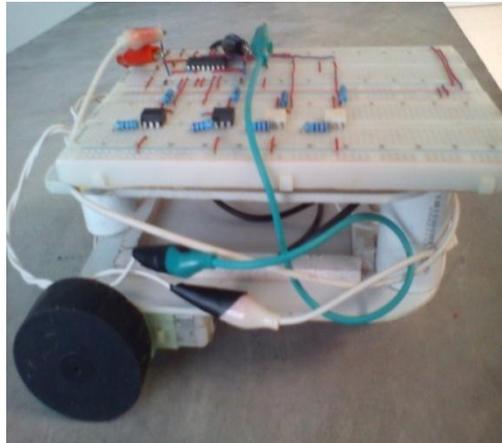


Figura 10. Implementación en el robot móvil.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO-CA-9.

7. CONCLUSIONES

El diseño de la máquina de estados permite visualizar el comportamiento general del sistema. Utilizar el lenguaje VHDL habilita integrar el sistema de forma fácil y práctica, y así como reciclar código, sintetizarlo y simularlo.

La transportabilidad de los módulos de operaciones ayudo a realizar el trabajo de forma ordenada y mucho más rápida Se cuenta con una gran cantidad de dispositivos en un solo encapsulado, sin preocuparse por grandes espacios como hace unos años, además estos dispositivos pueden ser combinatoriales, secuenciales o una combinación de ambos.

Al usar el lenguaje VHDL permitió la localización de fallas durante la compilación y simulación.

La manipulación de la tarjeta Spartan 3E presenta retos para adquirir conocimientos en el manejo de nuevos dispositivos y tecnologías que pueden ser aplicadas a cualquier problema de la vida diaria.



8. - REFERENCIAS

- 1.- Xilinx, "*Spartan-3E FPGA Starter Kit Board User Guide*", UG230 (v1.2), (January 20,2011). Disponible en: www.xilinx.com
- 2.- Digilent Inc, "*Digital Design Engineer's Source*". Disponible en: <http://www.digilentinc.com>.
- 3.- Fernando-Pardo y José A-Boluda "*VHDL Lenguaje para síntesis y modelado de circuitos*". De la edición RA-MA), (1999).
- 4.- Marcos Sánchez-Elez, "*Introducción a la Programación en VHDL*" se encuentra bajo una Licencia Creative Commons. Creado para la asignatura de Diseño y Test de Circuitos Integrados II de la titulación de I. Electrónica. Última actualización (septiembre 2011).
- 5.- A. Castillo, J. Vázquez, J. Ortegón y C. Rodríguez, Prácticas de laboratorio para estudiantes de ingeniería con FPGA.
- 6.- Maan M., Shaker Nasseer M., Basheer Qusay H., AliTechnical College/ Mosul. Raf. J. of Comp. & Math's. "*FPGA Based Speed Control of a Separately Excited DC Motor*", Vol. 7, No. 3, 2010. Third Scientific Conference InformationTechnology (2010 Nov. 29-30).
- 7.- Campanella, humberto. "*Técnicas y Tecnologías de Comunicaciones Móviles*", Basada en una obra en http://www.dacya.ucm.es/marcos/index_docen_archivos/intvhdl.pdf
- 8.- Texas Instruments, "*L293, L293D Quadruple Half-H Drivers*", Hoja de especificaciones, Texas Instruments, SLRS008B – September 1986 – Revised (June 2002). Disponible en: www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/l293d.pdf



CONTROL DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS POR RECONOCIMIENTO DE VOZ PARA DISCAPACIDADES FÍSICAS

* María Elizabeth Guerrero Sánchez, ** Ted Echeverría Dionisio, *** Ma. Eusebia Guerrero Sánchez, **** Patricia Guadalupe Gamboa Rodríguez, ***** Ciro Zamudio Ramón.

*Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, **Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, ***Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, ****Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, *****Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos.

*eli_guessa@yahoo.com.mx, **cheverry2000@hotmail.com, *** megs_airam@hotmail.com, ****lic_pgr@hotmail.com, *****ciro_4@hotmail.com.

Resumen: Las personas con capacidades diferentes dentro de la región del Sur de Veracruz se han destacado por ser más de índole físico que fonético. Debido a esto, se observa que una persona con discapacidad física se convierte en dependiente de otras, en actividades que más allá de poder apoyar, complica la adaptación de la persona en su quehacer cotidiano. Con el fin de contribuir a la solución de esta problemática, se realizó una investigación donde se diseñó y construyó un dispositivo controlado por un software de reconocimiento de voz. Dicho dispositivo logra que las personas con capacidades diferentes y físicas puedan realizar actividades sencillas que le permitan mayor independencia.

Abstract: People with disabilities in the South region of Veracruz are known for being more physical in nature phonetic. Because of this, it appears that a physically disabled person becomes dependent on others in activities beyond to support complicates the adaptation of the person in their daily work. To help solve this problem, we conducted an investigation which was designed and built a device controlled by a voice recognition software. This device makes people with physical disabilities and can perform simple activities that allow greater Independence.

1. INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología avanza, se crean nuevas estrategias orientadas a las TICS que permiten disminuir el índice de adaptación de las personas con capacidades diferentes, ya que al surgir nuevas funciones, estas son capaces de resolver ciertas actividades que antes se les complicaba realizar.

Cuando una persona sufre algún accidente y queda en un estado en el cual no le es posible desempeñar ciertas tareas, que para el resto de las personas es algo muy sencillo, esto les hace sentirse totalmente dependientes de otra persona, para moverse, para prender un televisor, para encender o apagar un ventilador, por mencionar algunas actividades cotidianas.

Es por ello que se diseñó y desarrolló un dispositivo capaz de controlar dispositivos eléctricos y electrónicos por medio de la voz utilizando un sistema eléctrico – electrónico con salida serial, mediante el protocolo RS232 para el control de voltaje manejado por los CI TTL, integrándolo con un software de reconocimiento de voz por medio de la clase System.Speech.Recognition.

El protocolo RS232 soluciona los problemas de niveles de voltaje cuando se requiere enviar unas señales digitales sobre una línea RS-232. Este chip se utiliza en aquellas aplicaciones donde no se dispone de fuentes dobles de +12 y -12 Volts. El MAX 232 necesita solamente una fuente de +5V para su operación, internamente tiene un elevador de voltaje que convierte el voltaje de +5V al doble polaridad de +12V y -12V. [6]



2. MATERIALES Y METODOS.

Para conocer las relaciones causa y efecto entre el Hardware y Software del dispositivo eléctrico y electrónico, la conversión que se realiza a la voz, es el apropiado y puede ser dividido en cuatro etapas.

2.1 Fase de reconocimiento de voz.

Para el reconocimiento de voz se referencia a la clase System.Speech.Recognition) y para el espacio de nombres (System.Speech.Namespaces) que contiene el escritorio de Windows [1]. Son tipos de tecnologías del habla para la aplicación de reconocimiento de voz.

El escritorio de Windows Speech Technology ofrece una infraestructura de reconocimiento de voz básico que digitaliza las señales acústicas, recuperando palabras y elementos del lenguaje de entrada de audio [5]. De igual manera para el espacio de nombres se hace referencia a **System.Speech.Synthesis** que contiene clases para inicializar y configurar un motor de síntesis de voz, para la creación de avisos, generación de discursos, respuesta a acontecimientos, y modificación de características de la voz.

2.2 Fase de captura de voz

En la fase de captura de voz se referencia a un método de la clase System.Speech.Recognition que permite la captura de palabras.

Desarrollándose un software para la recepción de la voz, mediante la instrucción LoadGrammar que proporciona los datos de las clases. El DictationGrammar representa una gramática de reconocimiento de voz utilizado para el dictado de texto libre, es una sintaxis que debe llevar el LoadGrammar.

SpeechRecognizedEventArgs, con este método se referencia a la clase Speech, permitiendo manipular la información de la voz, filtrando los datos a un textbox para realizar comparaciones.

2.3 Fase de salida de la voz por el puerto serial

Mediante la clase Using System.IO.Ports se manipula el puerto serial, controlando el flujo de información que se filtra al circuito, a través de la clase serialPort1.Open(). La voz transformada en caracteres es almacenada en Buffers (arreglos de tipo carácter), mediante la función "serialPort1.Write", solicitando la variable que se va a enviar y el tamaño del arreglo al microcontrolador.

MAX232 es un circuito integrado de Máximo que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos.

Para su correcto funcionamiento, el max232 está conectado por 4 capacitores de 1uF y alimentado a 5v.

Cuando un circuito integrado MAX232 recibe un nivel TTL lo convierte, cambia un nivel lógico TTL de 0 a un nivel comprendido entre +3 y +15V, y cambia un nivel lógico TTL 1 a un nivel comprendido entre -3 a -15V, y viceversa, para convertir niveles de RS232 a TTL.

Al llegar el dato al max232 por medio de su pin 14 que es de entrada, convierte la señal para que sea entendible por el pic que está conectado para recibir el dato que se envía por el pin 13 del MAX232.

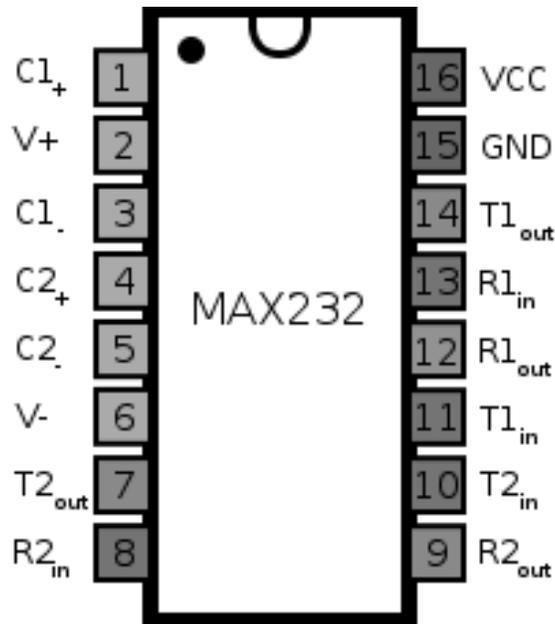


Fig. 1. Símbolo de bloque para el CI. MAX232.

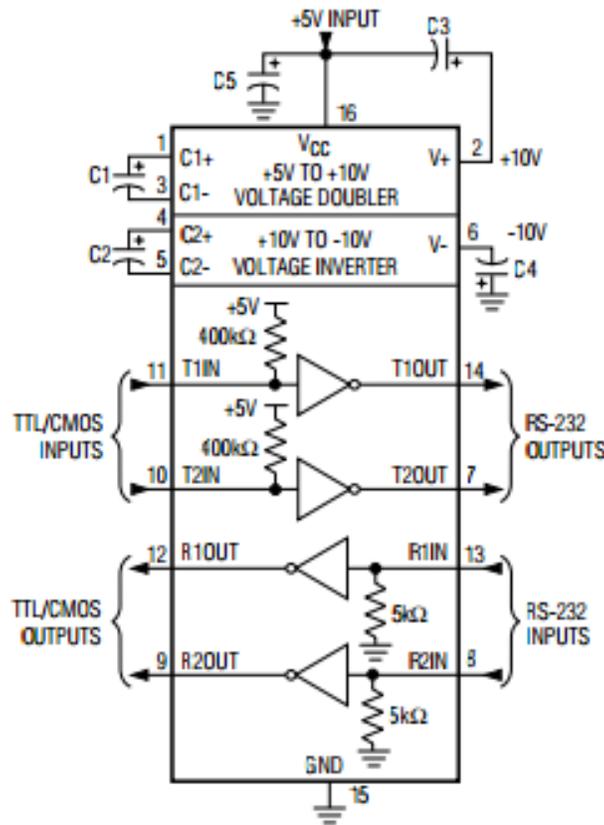


Fig. 2. Modelo de control detallado para la sección de niveles TTL de CL. Con capacitores.



Pic o Microcontrolador at89c55wd. Es un circuito integrado que nos permite programar ciertas órdenes que deseemos en lenguaje ensamblador. La lógica de programación que se ocupa para el dato que se envía por medio del cable serial, cuando recibe un dato en específico deja pasar el voltaje el cual es de 3v y lo envía a un ULN que será explicado a detalle más adelante y de manera contraria al recibir otro carácter cancela el voltaje enviado. Se pueden programar 32 salidas. La conexión para el correcto funcionamiento es el siguiente:

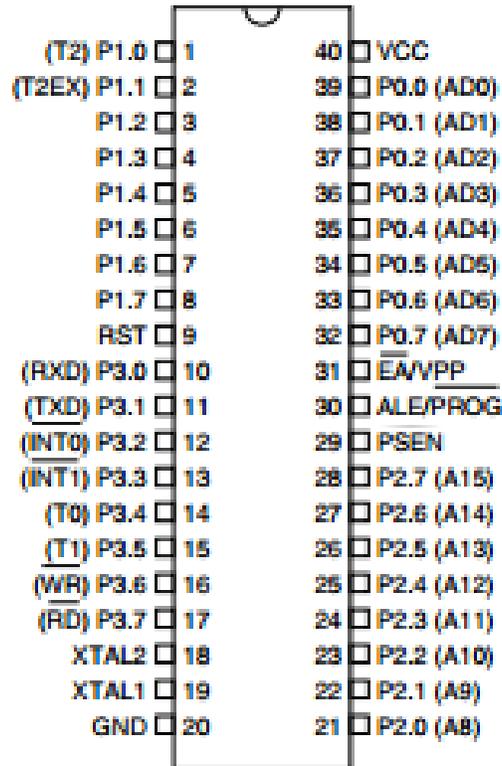


Fig. 3. Símbolo lógico para el CI at89c55wd.

La conexión correcta debe de ser alimentado a 5v por el pin 40 y el pin 30, en los pines 18 y 19 se conecta un cristal y un capacitor cerámico que van a tierra, el pin 9 se conecta con una resistencia de 470 OHMS y un capacitor de 10uF a 5v, el pin 20 a tierra y el pin 10 donde recibe la señal del MAX232. Y el resto de los pines son programados para las salidas a control de aparatos.

El ULN2803 es un integrado driver que empaqueta 8 transistores de arreglo Darlington y sus respectivos diodos damper [6], y se utiliza principalmente como interface, para acondicionar pulsos o señales digitales de baja intensidad (como las que obtienes de las puertas lógicas CMOS, TTL, etc.) de tal manera que puedan mover componentes que requieren altas corrientes o voltajes, como relevadores, focos, cabezales de impresoras. Lo que en realidad hace es tomar la señal eléctrica generada por los elementos digitales y aumentar su tensión y corriente por medio de transistores de potencia. Los diodos sirven como amortiguadores para reducir los pulsos transientes y las variaciones de pulso.



Para su correcto funcionamiento se añade una fuente externa dependiendo la cantidad de voltaje que se desee elevar y poder mandar el voltaje deseado para la alimentación de los relevadores. El pin 9 a tierra, del pin 1 al 8 son las entradas y del pin 11 al 18 son las salidas.

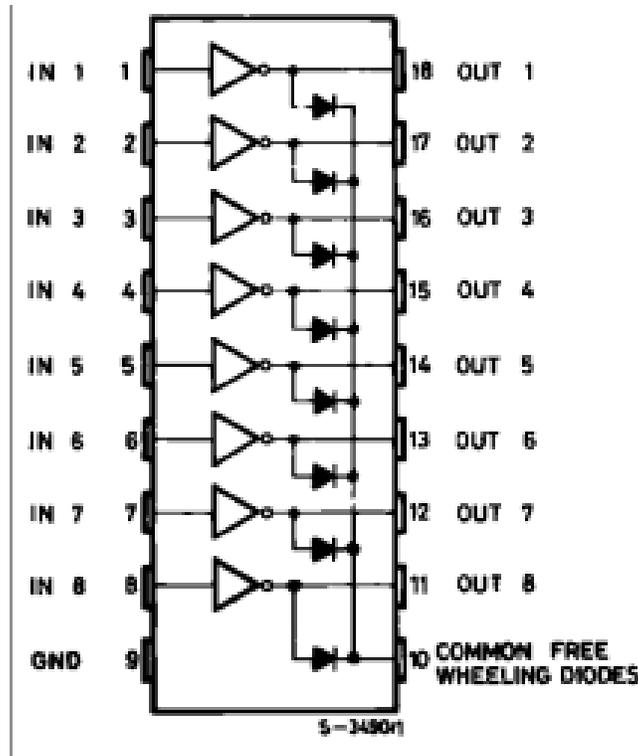


Fig. 4. Diagrama Lógico del CI uln2803.

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes (Henry, 1835).

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé" [2].

2.4 Fase de Análisis de Datos

La señal enviada por el micrófono al computador es interpretada por el software de reconocimiento de voz, transformando la señal en dato. Este entra al MAX232 y es enviada al microcontrolador, que tiene la función de transferir el voltaje (3v) al pin correspondiente, y posteriormente al ULN (Límite Superior de Normalidad) para incrementar la tensión a 5v y poder ser activado el relay y permitir el paso de 127v para la alimentación del aparato.

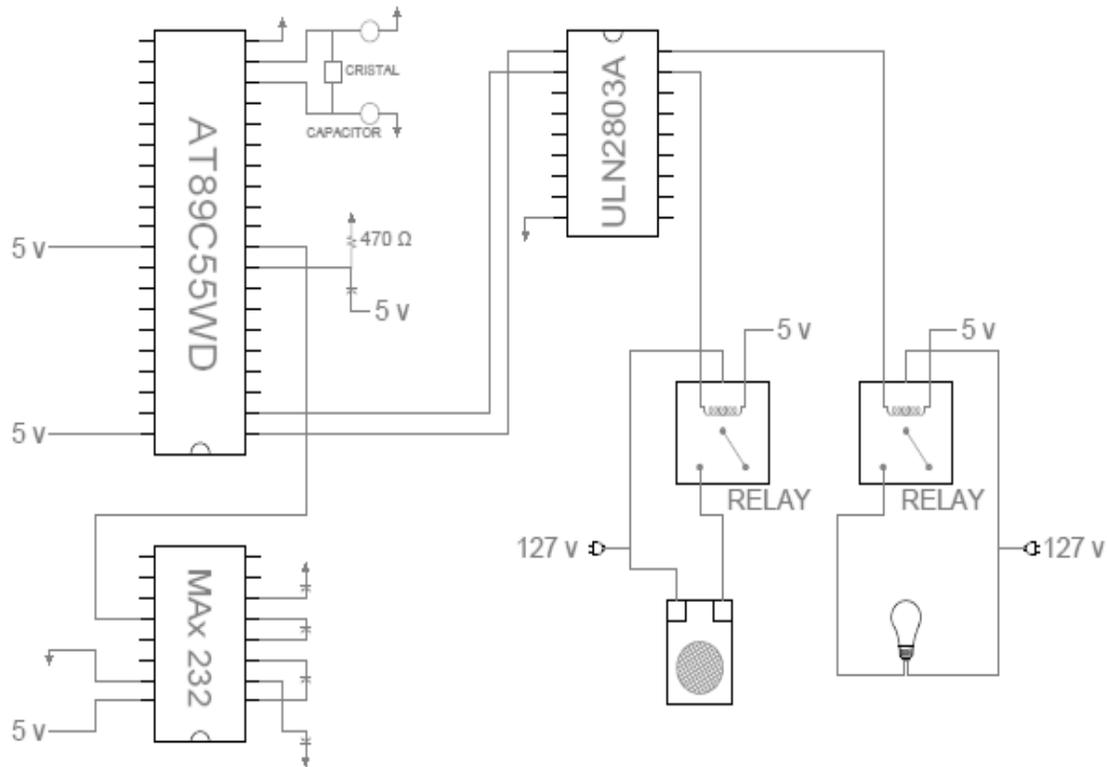


Fig. 1. Arquitectura detallada para el control de dispositivos por reconocimiento de voz, mediante un control tradicional.

3. CONCLUSIONES.

En esta investigación se ha observado como la combinación e integración de Tecnología con enfoque en hardware y software permite la utilización de aplicaciones que tengan un apoyo a la sociedad, mediante la aplicación de un Control Inteligente.

En nuestro estudio se ha implementado el apoyo a personas con discapacidades físicas que les permitan tener independencia en sus labores cotidianas, definiendo estas como actividades de control en los aparatos eléctricos y electrónicos, tal como encendido y apagado.

El resultado ha sido utilizar el circuito MAX232 como una tecnología de mayor conocimiento en el área y que permite a través de un software el reconocimiento de la voz de la persona discapacitada que establece el control de sus equipos.

El dispositivo del Sistema eléctrico – electrónico es un estándar al permitir ser utilizado en cualquier aparato eléctrico – electrónico, siendo un futuro estudio el crecimiento de la tarjeta utilizada puesto que actualmente se cuenta para un total de treinta y dos equipos conectados. De la misma manera se convierte en un parámetro de crecimiento en la cultura social como fomento en el ahorro de energía eléctrica.



Una de las observaciones realizadas y que continuarán dentro de este estudio es la aplicación de la fonética, puesto que ha sido implementado en personas con discapacidades físicas más no con personas que sufran patologías de la fonética siendo ejemplo de ellas el labio leporino, disfasia, agramatismo por mencionar algunas.

Dicho estudio continuo permitirá el estudio de la fonética de las palabras para establecer estándares en el reconocimiento de voz y evitar ambigüedades en su control.

De la misma manera la proyección de pruebas futuras dentro de una escuela para personas con discapacidad, permitiéndonos observar los beneficios a corto y mediano plazo, así como el manejo de diferentes grados de voz.



4. BIBLIOGRAFIA.

1. Joyanes Aguilar Luis, Sánchez García Lucas, Zahonero Martínez Ignacio. *Estructura de Datos en C++*. (Ed. McGraw-Hill, España), 435, (2007).
2. Morris Mano M. *Lógica Digital y Diseño de Computadores*. (Ed. Prentice Hall, California E.U.A), 636, (1982).
3. Randolph Nick, Gardner David, Anderson Chris, y Minutillo Michael. *Professional Visual Studio 2010*. (Ed. McGraw Hill, México), 1224, (2010).
4. Salazar Francisco *Aprenda Practicando Visual Basic 2005: Usando Visual Studio*. (Ed. Pearson Educacion. México), 622, (2005).
5. Schach Stephen R. *Ingeniería de Software Clásica y Orientada a Objetos*. (Ed. McGraw-Hill., México D.F.), 581, (1990).
6. Tocci Ronald J. y Widner Neal S. *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*. (Ed. Prentice Hall., México), 912, (2003).
7. Váldez Pérez Fernando E., Pallás Areny Ramón *Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC*. (Ed. Marcombo, España), 344, (2007).



CONTROL DE VELOCIDAD DE UN SERVOMOTOR UTILIZANDO REDES NEURONALES

Rosalío Farfán Martínez, William Torres Hernández, Antonio Domínguez Sánchez, Luz del Alba Cambrano Bravata

Universidad Tecnológica de Campeche, Carretera Federal 180 S/N, San Antonio Cárdenas, Carmen, Campeche, C.P. 24381, Tel: 01 938 38 16 700. México

farfan678@hotmail.com, williamtorreshernandez@hotmail.com, ingdominguezs25@hotmail.com,
luzbra@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un esquema de control neuronal inverso y su aplicación al control de la velocidad de un servomotor. Se obtienen datos de entrada y salida de la planta para ser entrenados de manera especializada en una red neuronal y de esta manera obtener los pesos óptimos. Esta estrategia consiste en que la red neuronal constituye un modelo inverso de la planta, de esta forma, las entradas a la red son las salidas del proceso, y la salida de la red es la señal de control. Los resultados presentados son a nivel simulación y forman parte de los resultados parciales de una Tesis de Maestría.

ABSTRACT

This paper presents the development of a neural inverse control scheme and its application to control the speed of a servomotor. Are obtained input and output of the plant to be trained in a specialized manner in a neural network and thus obtain the optimum weights. This strategy consists in that the neural network is an inverse model of the plant, thus, the network inputs are the outputs of the process and the network output is the control signal. The results presented are level simulation and are part of the partial results of a Master's Thesis.

1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de las redes neuronales en control abarcan diversas áreas, entre las cuales podemos mencionar: diagnóstico y detección de fallas, identificación de sistemas dinámicos complejos, reconocimientos de patrones, control de procesos industriales, entre otras.

Por su característica no lineal y por su capacidad de aprendizaje, las redes neuronales son una herramienta poderosa para tratar con sistemas cuya dinámica presenta comportamientos no lineales. Los esquemas de control que utilizan redes neuronales en su diseño, son esquemas que generalmente se basan en el modelo del sistema y que pueden utilizar la red directamente como controlador o modelando la dinámica de la planta.

Un servomotor es un motor eléctrico que tiene la capacidad de ser controlado, tanto en velocidad como en posición. No obstante que sus propiedades de operación son accesibles, son bien conocidos los efectos no lineales presentes en la máquina y que se reflejan durante el control de los mismos, particularmente en la región de operación del servomotor a baja velocidad. Aquí, los efectos de la fricción son los más significativos, además de otras no linealidades típicas como son: histéresis, zona muerta y saturación, [1] y [2].

En la literatura especializada existen diversos trabajos que demuestran la aplicación de las redes neuronales en el área del control automático y su capacidad para emplearse en conjunto con técnicas de control clásico.



En [3] se presenta un multimodelo neuronal jerárquico combinado con controladores adaptables aplicados a un sistema mecánico con fricción. Este esquema consiste en modelos difusos Takagi-Sugeno para la fuzificación y las redes neuronales son utilizadas en la parte de la máquina de inferencia.

La conveniencia de incorporar el conocimiento del problema a tratar como un criterio central en la selección de los modelos neuronales se presenta en [4]. Se presentan resultados obtenidos al evaluar diferentes tipos de redes neuronales destinadas a representar la dinámica directa e inversa de un sistema mecánico y se proponen recomendaciones para facilitar el desarrollo de esquemas de control con redes neuronales en motores de combustión interna.

Resultados experimentales de un controlador neuronal de velocidad aplicado a un servosistema es presentado en [5]. Se utiliza el esquema de control neuronal por modelo inverso utilizando los métodos de Levenberg-Marquardt y regularización Bayesiana como algoritmos de aprendizaje de la red. Se evalúa el funcionamiento del controlador para seguir la señal de referencia y de los esfuerzos de control obtenidos.

En este trabajo se implementa a nivel simulación un controlador neuronal inverso aplicado al control de la velocidad de un servomotor de corriente directa. Analizando la respuesta de este sistema para el seguimiento de trayectorias y las señales de control obtenidas.

2 DESARROLLO

2.1 Planteamiento del problema

El equipo didáctico Servo Trainer CE110 de “TQ Education and Training Ltd” constituye una representación del problema de control de servomecanismos. La figura 1 muestra al servomotor, y la figura 2 muestra las características del mismo [6].

Los principales componentes de este equipo son: la carga inercial (tiene conectado de forma permanente un disco y posteriormente se pueden agregar dos discos más); un sensor de velocidad; una carga activa en el caso del generador, G ; un motor del servomecanismo, M ; un embrague eléctrico con caja de velocidades y un eje de salida con el sensor de posición.

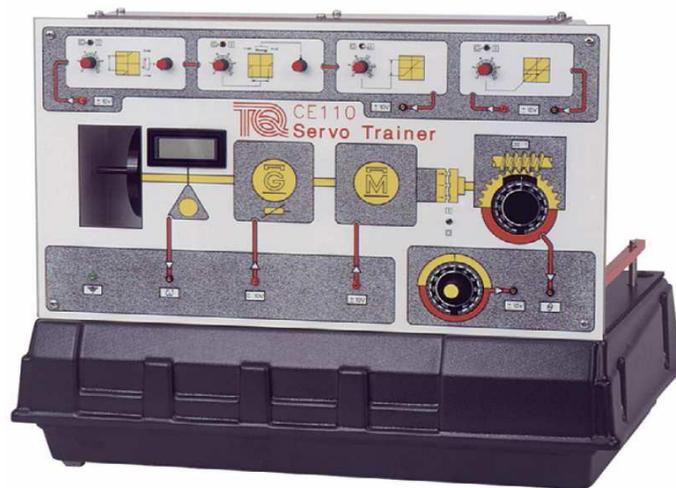


Fig. 1 Servomotor

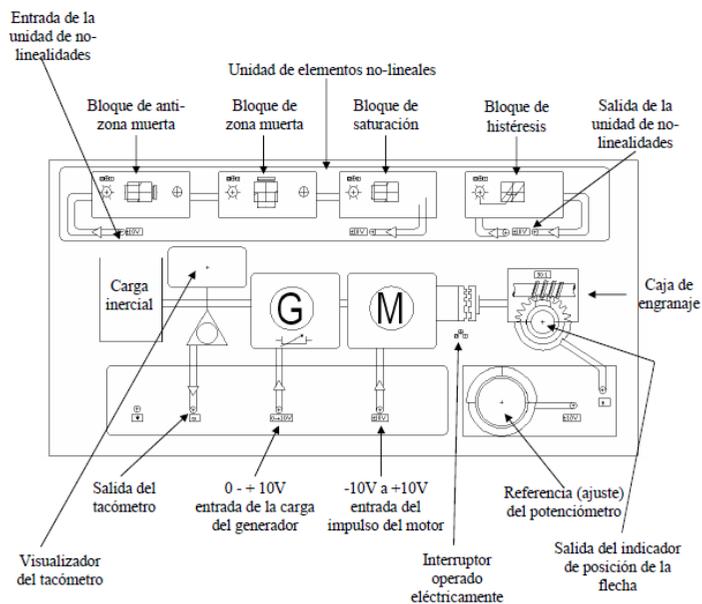


Fig. 2 Panel frontal del Servomotor

El modelo en el espacio de estados del servomotor es el siguiente:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{1}{T}x_2 + \frac{G_1 G_2}{T}u \end{aligned} \tag{1}$$

Los parámetros importantes del modelo se muestran en la tabla I.

Tabla I

Parámetro	Descripción	Valor
x_1	Posición del Servomotor	[-10,10]volts; [-180°,180°]
x_2	Velocidad del servomotor	[-10,10]volts; [-2000,2000] rpm
G_1	Ganancia del sensor de velocidad	0.9321
G_2	Ganancia del sensor de posición	2.2475 seg.
T	Constante de tiempo del sistema	0.4856 seg.
u	Señal de control	[-10,10] Volts

Tabla I. Parámetros del Servomotor



2.2 Control Neuronal Inverso

El control inverso se trata de una estrategia en la que la red neuronal constituye un modelo inverso de la planta. Se desea que la red neuronal aproxime la inversa del modelo de la planta, de modo que se calcule una señal de control para forzar al sistema a seguir la referencia, [7].

Las entradas a la red neuronal son entonces las salidas del proceso, y la salida de la red es la variable de entrada actual o señal de control. El entrenamiento de una red de este tipo se puede realizar fuera de línea, con datos que representen de manera realista el comportamiento deseado durante la operación típica del sistema. El esquema de Control se aprecia en la figura 3.

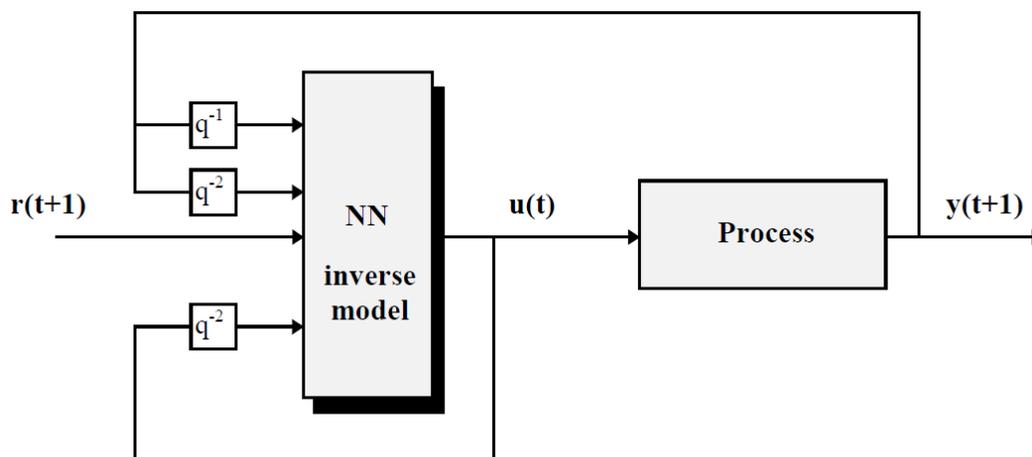


Fig. 3 Esquema de Control Inverso Directo

Cuando las redes neuronales se propusieron para emplearse en el control de sistemas, uno de los primeros métodos reportados fué el entrenamiento de la red como el inverso del sistema y usada como controlador.

Asumiendo que el sistema a ser controlado puede ser descrito por:

$$y(t+1) = g[y(t), \dots, y(t-n+1), u(t), \dots, u(t-m)] \tag{2}$$

La red deseada es entonces una que aísla la entrada de control más reciente $u(t)$:

$$\hat{u}(t) = \hat{g}^{-1}[y(t+1), y(t), \dots, y(t-n+1), u(t), \dots, u(t-m)] \tag{3}$$

Una vez obtenida la red, puede ser utilizada para controlar el sistema sustituyendo la salida en el tiempo t+1 por la salida deseada, la referencia, r (t+1).



2.3 Entrenamiento de la red neuronal

El método frecuentemente utilizado para entrenar una red como el inverso de un sistema consiste en aproximar el problema como si se tratara de un problema de identificación de sistemas. Se obtienen datos de entrada y salida de la planta y el entrenamiento de la red se realiza fuera de línea. La red neuronal es entrenada minimizando el siguiente criterio de desempeño:

$$J(\theta, Z^N) = \frac{1}{2N} \sum_{t=1}^N [u(t) - \hat{u}(t | \theta)]^2 \quad (4)$$

Esta estrategia es conocida como Entrenamiento General. Una característica importante de este tipo de entrenamiento es que no es un método basado en el modelo del sistema. El controlador es diseñado a partir de un conjunto de datos sin requerir un modelo del sistema actual.

2.4 Aplicación del esquema de Control Neuronal Inverso

Para implementar el esquema de control, es necesario recolectar un conjunto de datos de entrada y salida del sistema. Los datos son obtenidos en el rango de operación del Servomotor y contienen las características importantes de su dinámica. Se utilizan dos mil muestras, las cuales se emplearán para el entrenamiento de la red neuronal. En la figura 4 se muestra la señal de entrada al Servomotor y la señal de salida correspondiente del sensor de velocidad.

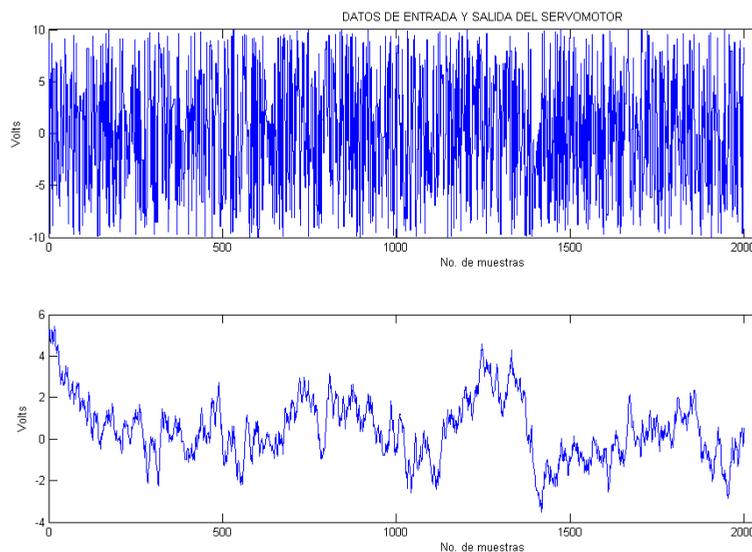


Fig. 4 Datos de entrada y salida del Servomotor

Los datos mostrados en la figura 4 se utilizan para entrenar la red neuronal de forma inversa. La red está compuesta por una capa de entrada con 4 neuronas con función de activación tangente hiperbólica y una capa de salida con 1 neurona con función de activación lineal. En la figura 5 se



muestra el índice de desempeño del entrenamiento de la red neuronal con el método general, lo cual indica que la red se ha entrenado correctamente. El entrenamiento se realiza utilizando el Toolbox desarrollado en [7].

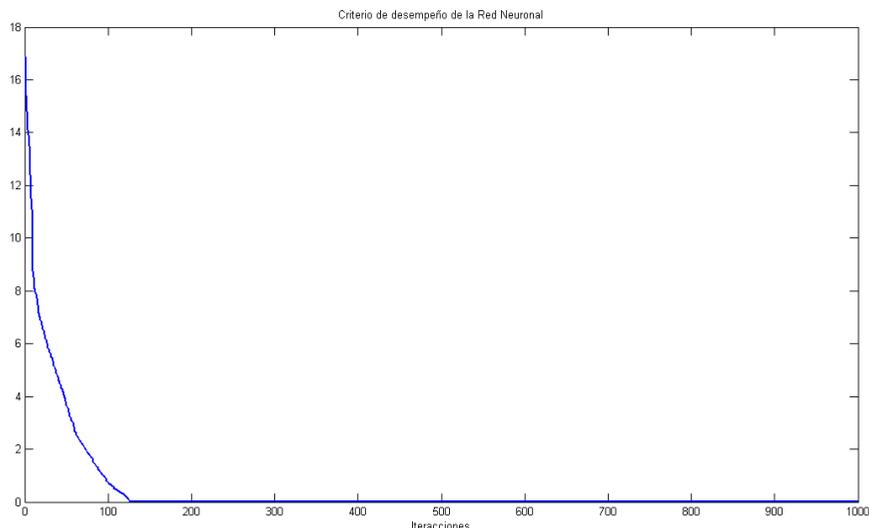


Fig. 5 Criterio de desempeño de la red neuronal

Los pesos que se obtienen del entrenamiento inverso de la red neuronal, se emplean para calcular la salida de la misma. Esta salida es la ley de control que se aplica al modelo del Servomotor para analizar el desempeño de la ley de control. En la figura 6 se muestra el esquema de simulación implementado en Simulink de Matlab.

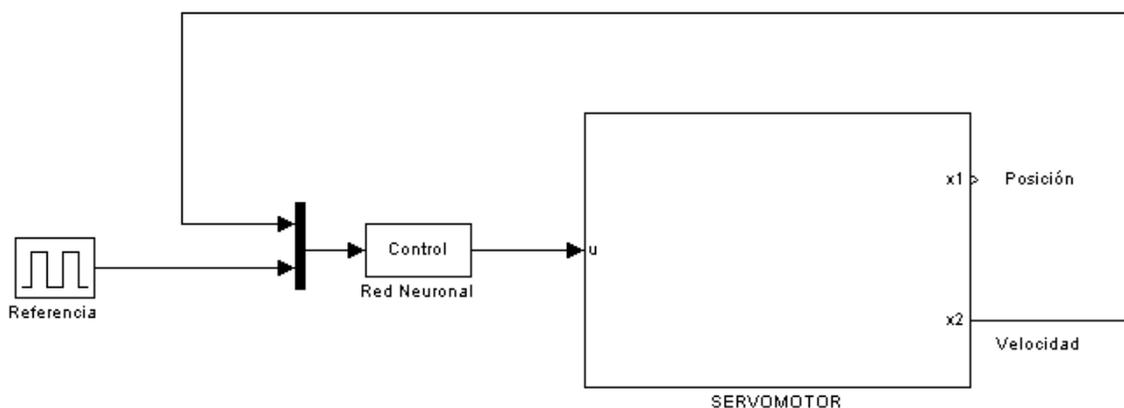


Fig. 6 Esquema de Simulación en Simulink de Matlab

3 RESULTADOS

Se realiza la simulación utilizando la señal de referencia senoidal $6\sin 0.5t$ la cual se encuentra en el rango del sensor de velocidad mostrado en la tabla 1. En la figura 7 se muestra la velocidad del Servomotor y la señal de referencia, la ley de control y el error de seguimiento.

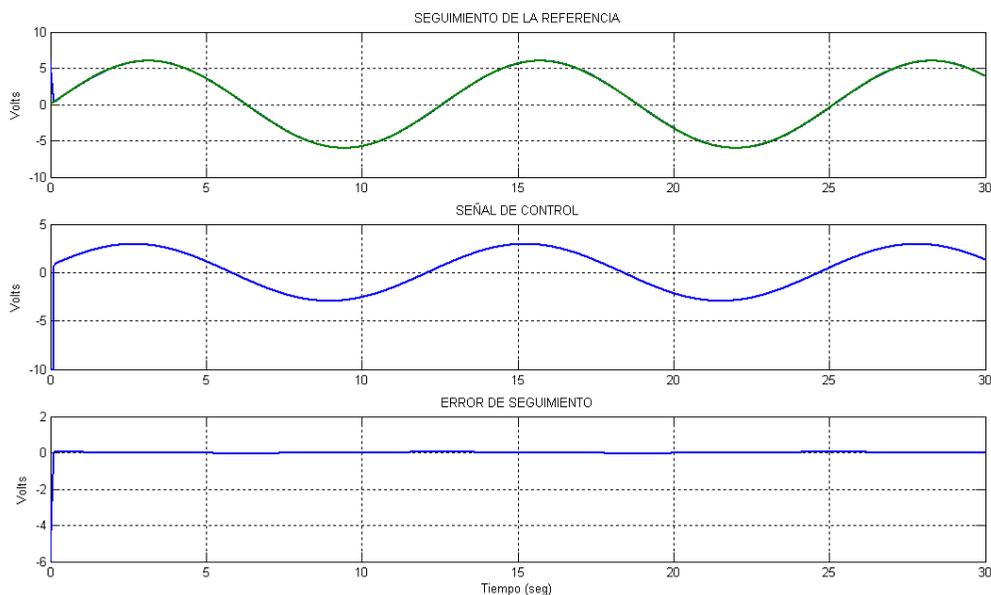


Fig. 7 Simulación con señal de referencia sinusoidal

Se realiza otra simulación utilizando como referencia una señal periódica cuadrada con un periodo de 10 segundos y una amplitud de 8 volts. En la figura 8 se muestra la velocidad del Servomotor y la señal de referencia, la ley de control y el error de seguimiento.

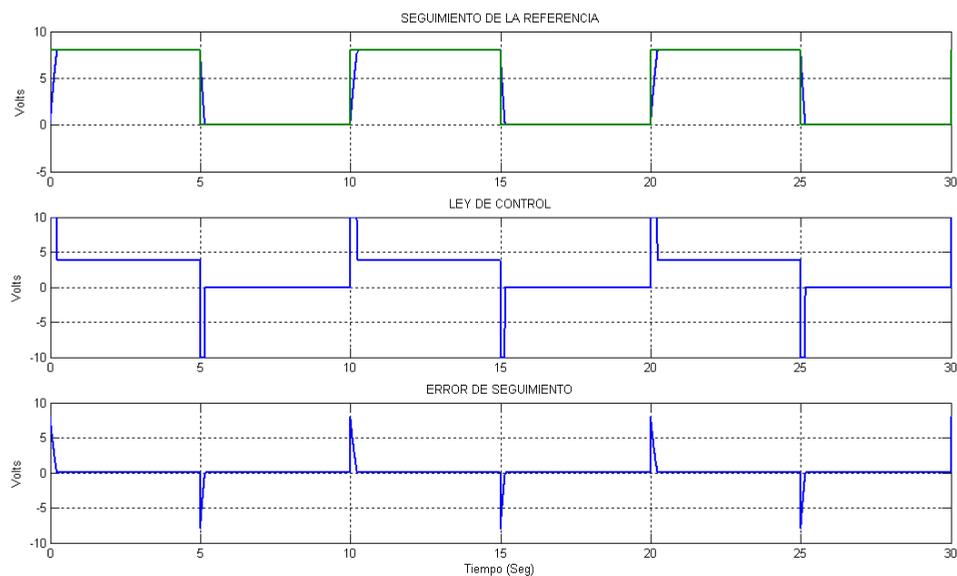


Fig. 8 Simulación con señal de referencia cuadrada

Como se aprecia en las simulaciones, el esquema de control propuesto resulta útil para el control de la velocidad del Servomotor de corriente directa. Cuando se aplica una referencia senoidal, la salida del sistema de inmediato la alcanza y se realiza el seguimiento sin ningún problema. La



señal de control no presenta cambios bruscos y se encuentra dentro del rango de la señal de entrada. El error de seguimiento prácticamente es cero, con lo cual se corrobora el desempeño.

Con la señal de referencia periódica también se observa un buen desempeño; la señal de control se encuentra dentro de los límites permitidos, aunque en algunos lapsos de tiempo alcanza el máximo valor permitido. El error de seguimiento prácticamente es cero, solo cuando la señal periódica realiza la transición es que se observa un pico de error.

4 CONCLUSIONES

El esquema de Control Neuronal Inverso muestra buenos resultados para el control de la velocidad del Servomotor. Se probaron 2 señales como referencias del sistema y en ambos casos los resultados son satisfactorios. La señal de control ante una referencia senoidal presenta un comportamiento suave y dentro de los límites de voltaje permitidos; por otra parte la señal de control ante una referencia cuadrada presenta algunas saturaciones, aunque el desempeño también es correcto. Como trabajo futuro se pretende implementar este esquema de control en tiempo real aplicado al Servomotor.

Las redes neuronales tienen la capacidad de aprender el comportamiento de los sistemas dinámicos, sobre todo de aquellos aspectos no lineales presentes, como es el caso del Servomotor. Lo importante de los esquemas de control con redes neuronales es que solo se necesitan un conjunto de datos de entrada y salida para representar la dinámica de la planta. En este trabajo se utiliza el modelo del Servomotor para obtener los datos e implementar las simulaciones.

5 REFERENCIAS

- [1] Tsang, K.M., & Li, G. (2001). Robust Nonlinear Nominal-Model Following Control to Overcome Deadzone Nonlinearities. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 48(1), 177-184.
- [2] Chiasson, J., & Bodson, M. (1993). Technical Notes and Correspondence Nonlinear Control of a Shunt DC. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 38(11), 935-942.
- [3] Baruch, I. y Olivares, J. L. (2005). Implementación de un Multimodelo Neuronal Jerárquico para Identificación y Control de Sistemas Mecánicos. *Computación y Sistemas*, 9(1), 28-40.
- [4] Giró, J. F., Olariaga, S., y Stuardi, J. E. (2006). Evaluación de Modelos Neuronales Destinados a Operar Sistemas Inteligentes de Control. *Mecánica Computacional*, 25, 947-960.
- [5] Rodríguez, V. A., Garzón, J. E., y López, J. A. (2009). Control Neuronal por Modelo Inverso de un Servosistema Usando Algoritmos de Aprendizaje Levenberg-Marquardt y Bayesiano. *En VIII Congreso de la Asociación Colombiana de Automática*. (pp. 1-6). Cartagena, Colombia: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- [6] Reyes, E., Ruz, J. A., y Rullán, J. L. (2008). *Diseño de Controladores Basados en el Enfoque Difuso de Lyapunov para su Aplicación a un Servomotor*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Carmen. Ciudad del Carmen, Campeche, México.
- [7] Noorgard, M., Ravn, O., Poulsen, N. K., & Hansen, L. K. (2000). *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamics Systems*. England: Springer-Verlag.



CONTROL ELECTRÓNICO PARA UNA GARRAFA DE SOLIDIFICACIÓN DE LÍQUIDOS

Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Raymundo Barrales Guadarrama, Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón.
Universidad Autónoma Metropolitana—Azcapotzalco

Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, Azcapotzalco, México D.F., C. P. 02200.

Correos electrónicos: err@correo.azc.uam.mx, vrbg@correo.azc.uam.mx,
rbg@correo.azc.uam.mx, ercv@correo.azc.uam.mx

Resumen.- Las nieves artesanales se obtienen mediante procesos de solidificación, en su elaboración, se emplean productos frescos y, al contrario de los helados industriales, no se utilizan saborizantes, colorantes ni conservadores. Los términos “nieve” y “helado” designan en México un mismo producto; sin embargo, existe una gran diferencia entre uno y otro, la nieve se obtiene mediante un proceso de transformación de líquido a sólido con un método natural. A este proceso artesanal se le conoce como nieve de garrafa y existe una Norma Oficial Mexicana que la distingue de un helado.

El tiempo promedio para elaborar la nieve es de entre 1 a 2 horas, pues se debe rotar la garrafa e ir raspando la nieve obtenida, con lo cual los costos se incrementan. A fin de lograr reducir el tiempo y facilitar el trabajo de este proceso, se ha construido el prototipo de una máquina automatizada para la elaboración de nieve artesanal.

Palabras clave: Solidificación, control de motores, proceso artesanal para nieve, automatización.

Abstrac.- Craft snow are obtained by solidification processes, in its processing, are used fresh and, unlike industrial ice-cream, are not used flavorings, colorings and preservatives. The terms "snow" and "ice cream" mean the same product in Mexico, but there is a big difference between the two, the snow is obtained through a process of transformation from liquid to solid with a natural method. This process is known as artisanal snow carafe and Norma Oficial Mexicana exists that distinguishes it from an ice cream.

The average time to develop the snow is between 1-2 hours, then you should rotate the bottle and go obtained by scraping the snow, which increases costs. In order to achieve reduced time and facilitate the work of this process, we have built a prototype of an automated machine for making snow craft.

Keywords: Solidification, motor control, snow craft process, automation.

1. INTRODUCCIÓN

En México se procesan alimentos naturales de gran valor nutricional, en comparación con los productos fabricados en masa estos resultan caros y por lo tanto están en desventaja pues debido a que se procesan artesanalmente son caros, tal es el caso del amaranto, dulces de leche, frutas secas etc. Con el fin de acercar la tecnología para la producción de estos productos y hacerlos más competitivos se implementó esta máquina que permite un ahorro de tiempo sustancial lo que ayuda en el tiempo de procesamiento de la conocida como nieve de garrafa. Las nieves artesanales comestibles se obtienen mediante estrictos procesos de solidificación. Esta máquina se utiliza en un taller de nieve artesanal en Cuajimalpa.



Actualmente, un fabricante tarda en elaborar la nieve de una garrafa entre 1 y 2 horas, ya que debe rotar la garrafa e ir raspando la nieve obtenida, con lo cual los costos se incrementan.

En esta primera etapa el proyecto contempló el diseño del circuito de movimiento rotacional de la garrafa controlada por un motor con velocidad variable. Posteriormente se trabajara en el raspado y paro automático. En una primera instancia se pensó en medir la temperatura pero este no es un parámetro importante, ya que con el tiempo de operación es suficiente por lo que adicionándole un temporizador a la maquina es suficiente.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Parte mecánica

Para la elaboración de las piezas mecánicas se tomó en cuenta el proceso que se desea realizar y las variables físicas que se deben controlar o considerar. En este caso un problema es la corrosión ya que se utiliza hielo y sal para lograr reducir la temperatura.

Para hacer la nieve el líquido se congela girando el cilindro de acero constantemente y realizando el raspado en las paredes de cilindro manualmente durante todo el proceso, para prevenir la formación de grandes cristales de hielo y lograr la solidificación deseada. El cilindro utilizado es de acero inoxidable de 26 x 41 cm. Este se muestra en la figura



Figura 1. Tenazas y cilindro metálico en donde se lleva a cabo la salificación del líquido.

Para hacer rotar el cilindro dentro de la garrafa con hielo y sal se construyó un eje en cuyo extremo tiene unas tenazas también de acero inoxidable, este está montado en dos chumaceras y en el extremo superior lleva una polea la cual mediante una banda se conecta al motor de cd que es el que proporciona el movimiento de rotación.



2.2 Diseño electrónico para el movimiento del cilindro metálico

La velocidad del motor se controla utilizando modulación por ancho de pulso PWM para esto se utilizara un circuito oscilador el cual se construyó utilizando el CI555, mediante el control de ciclo de trabajo se varia la velocidad del motor. La frecuencia elegida fue 500 Hz. Posteriormente se acopla a un circuito monoestable, también elaborado con el CI555. Este circuito se muestra en la figura

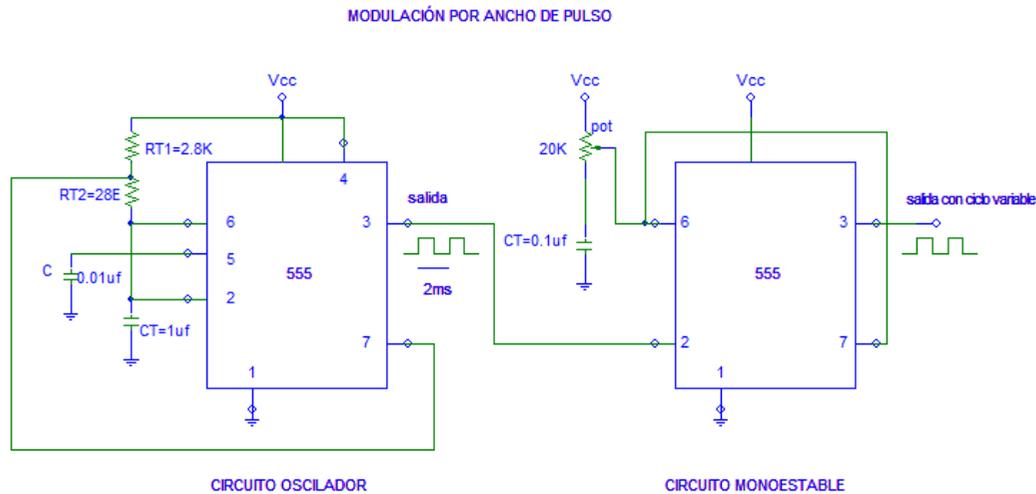


Figura 2. Circuito para el control PWM

2.3 Etapa de potencia

Para el diseño de la etapa de potencia es necesario conocer los parámetros del motor que se utilizara para saber qué tipo de dispositivo electrónico se tiene que utilizar, los parámetros del motor son los siguientes:

Motor de D.C de imán permanente de 1/3 de hp de velocidad variable.

1750 RPM

Voltaje D.C: 90Volts

Corriente: 3.5 Amperes

Conociendo estos parámetros el dispositivo que mejor conviene es el MOSFET “n” con matricula BUK455.

2.4 Diseño de la rectificación

El motor no debe girar a su velocidad máxima pues si esto ocurriera los brazos mecánicos que sujetan la garrafa girarían a velocidades muy rápidas lo cual no es necesario, se propuso un voltaje máximo de 60V y 3.5 A, para lograr esto se necesita un transformador, como estos valores



de voltaje no son comerciales en transformadores comunes se adquirió uno que tuviera de salida 65V a 7A , pues siempre es mejor dar cierta tolerancia.

Para la rectificación se utilizó el puente rectificador RBV-1506, el cual soporta una corriente máxima de 15 A, y un voltaje de 600V. Esta rectificación es para suministrar el voltaje dc al motor, el circuito se muestra en la figura 3.

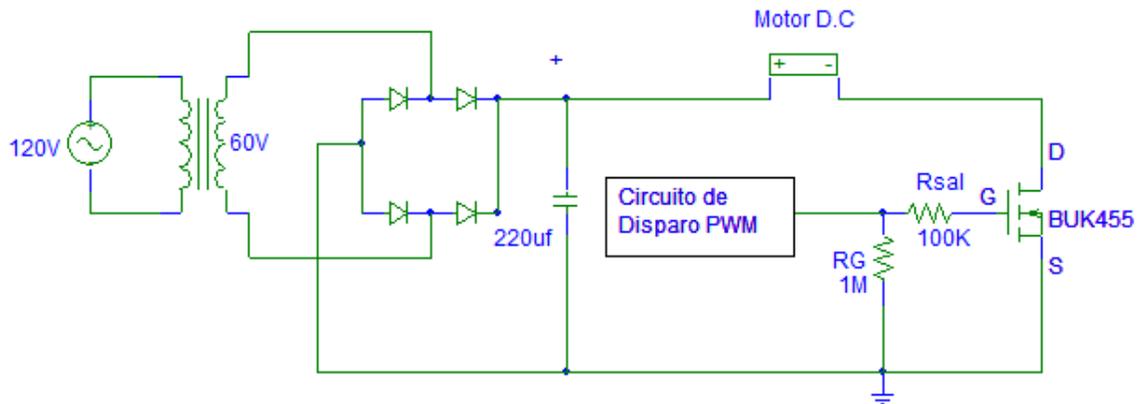


Figura 3. Etapa de rectificación, control y potencia

El circuito final se muestra a continuación

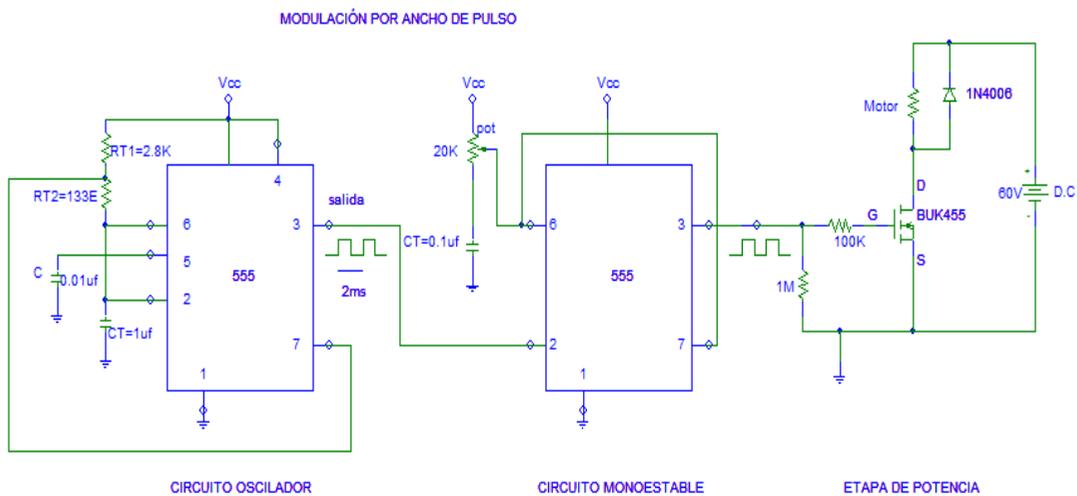


Figura 4. Circuito final para el control del giro del motor

Una vez elaborado el circuito anterior se verifico su funcionamiento y se comprobó que se podía disminuir la velocidad mediante la perilla del potenciómetro del circuito monoestable.



3. RESULTADOS

Comprobación de la modulación por ancho de pulso

A medir con el osciloscopio se observaron ligeras variaciones en la frecuencia de 500Hz la cual era de 545Hz, para solucionar esto se colocó un potenciómetro de 200Ω en RT2, después de esto se ajustó la frecuencia por medio del potenciómetro a 504HZ, inmediatamente después se quitó el potenciómetro y se midió el voltaje.

El sistema mecánico final se muestra en la figura, la garrafa se coloca en la parte posterior.



Figura 5. Sistema electromecánico final

El control electrónico final es el panel que se muestra a continuación, la perilla del potenciómetro sirve para controlar la velocidad de giro



Figura 6. Panel de control



4. DISCUSIÓN

Aunque la disminución del tiempo de obtención del producto no disminuyó de manera sustancial, se logró disminuir el esfuerzo del artesano lo cual consideramos que ya es una gran ayuda. Como se mencionó se continuara trabajando en el sistema a modo de hacerla completamente automática, en donde el artesano únicamente preparara la mezcla de agua y componentes de la nieve y la máquina se encargará de hacer todo el proceso.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Alden S. Sedra, Circuitos Microelectrónicos, MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, México, (2006)
2. Ángel Fernández Cuello, Criterios de diseño mecánico en tecnologías industriales, U. de Zaragoza, España (2012),
<http://es.wikipedia.org/wiki/Helado>(consultado el 4/02/2013)

<http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>(consultado el 4/02/2013)



CONTROLADOR PID DIFUSO IMPLEMENTADO CON LÓGICA RECONFIGURABLE

Williams Antonio Pantoja Laces, Ignacio Algreto-Badillo,

Ernesto Cortés Pérez, Gustavo Fernández Torres

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec

Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,

Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel:01-971-5224050.

wapantojalaces@gmail.com, algreodobadillo@sandunga.unistmo.edu.mx, cope_144@hotmail.com,

gusfer@sandunga.unistmo.edu.mx

Resumen - En la industria, la gran mayoría de los procesos son regulados por controladores PID, pero debido a los cambios, perturbaciones y a otros factores, estos controladores llegan a operar sin generar las respuestas deseadas requiriendo un reajuste. Lo ideal sería que el controlador se acoplara automáticamente a los cambios de parámetros del sistema de forma eficiente, rápida y efectiva. En este trabajo se proponen arquitecturas hardware para los controladores PID difusos, los cuales están dentro de la clase de los sistemas de control inteligente ya que combina técnicas de la inteligencia artificial con la teoría clásica de control. El diseño de controladores PID basados en lógica difusa es motivado por la habilidad de éstos para capturar estrategias cualitativas de control y ofrecer un comportamiento altamente flexible. Además, en este trabajo se orienta a la creación de arquitecturas hardware de controladores difusos en dispositivos FPGA.

Abstract - The processes in industry are regulated by PID controllers, although due to the changes, interference and other factors, these controllers can operate without generating the desired responses, so they require readjustments. Ideally, the controller will dock automatically to changes in system parameters efficiently, quickly and effectively, but in the reality, it is necessary make a new tuning. In this paper, it is proposed hardware architectures for fuzzy PID controllers, which are within the class of intelligent control systems, combining artificial intelligence techniques with classical control theory. The PID controller design based on fuzzy logic is motivated by the ability to capture these qualitative control strategies and to provide a highly flexible behavior. In addition, this paper aims at the creation of hardware architectures of fuzzy controllers in FPGA devices.

1. Introducción

En varios campos de la ingeniería se estudia el diseño, implementación y mantenimiento de sistemas así como también los procesos automáticos que se relacionan con ellos. Por proceso se entiende una secuencia de operaciones para obtener un resultado en específico, mientras que el concepto de sistema es más general, siendo comúnmente definido como un conjunto de elementos que interactúan unos con otros para realizar una tarea. Existen muchos sistemas en el mundo real, algunos naturales y otros creados por el hombre como los sistemas informáticos, sistemas electrónicos, sistemas mecánicos, sistemas eléctricos, etc. Uno de los desafíos de la ingeniería es determinar el funcionamiento de un sistema actuante sobre otro sistema, por lo que se puede definir que un sistema de control es el que regula el comportamiento de otro sistema o proceso.

El control automático tiene una intervención cada vez más importante en la vida diaria y se ha convertido en parte importante e integral de los procesos modernos, industriales y de manufactura. Además, brinda los medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar



la calidad y abaratar los costos de producción. Los sistemas de control automático se pueden clasificar según su estructura en dos categorías: los sistemas de control de lazo abierto y los sistemas de control de lazo cerrado. Los primeros son los más sencillos ya que el controlador no toma en consideración la respuesta del sistema que está controlando; por el contrario, los controladores de lazo cerrado sí toman en cuenta la respuesta del sistema que controlan y son los más utilizados. Existen una gran variedad de controladores de lazo cerrado, pero en particular el controlador clásico más usado es el denominado PID (Proporcional-Integral-Derivativo) [1].

Este trabajo está conformado por el marco teórico en la Sección 2, en la Sección 3 se describen trabajos relacionados con el tema esto para saber qué se ha realizado actualmente, posteriormente en la Sección 4 se describirá el desarrollo de las arquitecturas hardware propuestas, para que en la Sección 5 se presenten los resultados obtenidos y por último, en la Sección 6, la descripción de las conclusiones.

2. Marco Teórico

El control automático interviene cada vez con más frecuencia en la vida de los seres humanos ya que en el transcurso de los años se ha convertido en parte importante de procesos industriales como control de presión, temperatura, velocidad, humedad, etcétera. Los sistemas de control son sistemas dinámicos y un conocimiento de la teoría de control proporcionará una base para entender el comportamiento de tales sistemas. El concepto de control consiste en seleccionar, para un sistema dado, una entrada que haga responder a la planta de una manera deseada, esto es que se obtenga una salida con ciertas características.

Los sistemas de control, según la topología, se pueden clasificar los que se denominan control de lazo abierto y control de lazo cerrado. Por un lado, en el control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Por el otro lado, los sistemas de control de lazo cerrado sí consideran la retroalimentación continua de la respuesta generada en el proceso para realizar correcciones de manera adecuada. El primer paso importante en el análisis y diseño de sistemas de control es el modelado matemático de los procesos controlados. En general, dado un proceso controlado, primero se debe definir el conjunto de variables que describen las características dinámicas de dicho proceso. La forma clásica de modelar sistemas lineales es utilizar funciones de transferencia porque representan la relación entrada-salida entre variables. La función de transferencia es un método operacional usado para expresar una ecuación diferencial ordinaria, lineal y con coeficientes constantes, de manera que se relaciona la variable de salida del sistema con la variable de entrada [2].

Controlador PID. Entre los sistemas de control más importantes, se encuentran los controladores PID, los cuales se fundamentan en tres acciones principales (ver figura 2): i) P (proporcional) que genera una respuesta instantánea, aunque es inmune al ruido y no puede eliminar el ruido en el estado permanente, ii) I (integral) que permite eliminar el ruido en estado estacionario aunque puede generar una respuesta oscilatoria del sistema (no se recomienda su uso de manera aislada), y iii) D (derivativa) que genera una respuesta anticipativa al error, estabilizando el sistema de los retardos de la señal de control (este retardo de control puede provocar inestabilidad al sistema) y su uso no es recomendable cuando hay ruido porque provoca respuestas erróneas.

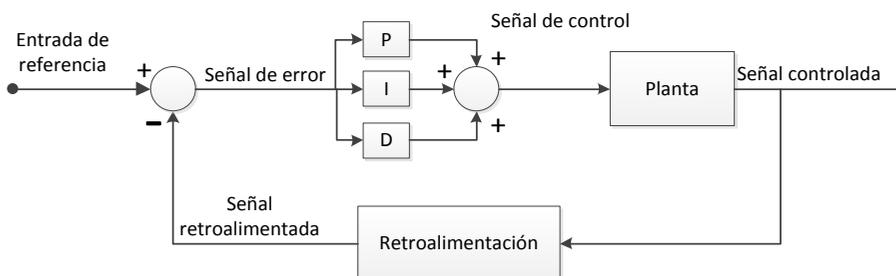


Figura 2. Controlador PID

De esta manera es posible encontrar otros controladores con cada una de las acciones o combinaciones de ellas, ya sea en pareja o las tres acciones en un control. Esta última se denomina acción de control proporcional – integral – derivativo o PID, adquiriendo las ventajas de cada acción y reduciendo las desventajas. El nuevo problema generado es la difícil sintonización para controlar un determinado sistema, donde las se utilizan métodos analíticos o empíricos.

En específico, el algoritmo del cálculo del control PID se basa en las acciones combinadas como se presenta en la ecuación 1.

$$m(t) = K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt + K_c \tau_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

O bien, representado con la transformada de Laplace, ver ecuación 2.

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (2)$$

En la actualidad se buscan nuevas maneras de realizar el control automático de sistemas y una rama de la computación que ofrece propuestas alternas al control clásico es la IA; en la siguiente sección se establece la base del control inteligente.

Control Inteligente. El Control Inteligente está basado en la Inteligencia Artificial (IA), pero el campo de la IA está todavía en etapas de crecimiento comparadas con otras ramas de la computación, aunque poco a poco el estudio del comportamiento humano dará paso para aplicar estos conocimientos a las computadoras. Dado el auge de la IA, existe el Control Inteligente como el resultado la intersección del Control Automático, la Inteligencia Artificial y los Sistemas Informáticos Distribuidos de tiempo real. Entre las técnicas de IA usadas en Control Inteligente destacan: sistemas expertos, lógica difusa, redes neuronales y algoritmos genéticos [3]. Estas técnicas de IA se usan en conjunción a los controladores PID y lo que pretenden es mejorar las características ante perturbaciones que posiblemente existen en un sistema real. La mejoras no solo abarcan a temas de inteligencia artificial sino al uso y exportación a la plataforma hardware. El control difuso es una alternativa nueva ante los conceptos clásicos de control y modelamiento de sistemas, ya que este controlador simula la supervisión de un experto en el comportamiento de los procesos. La supervisión se basa en la experiencia y el sentido común de un experto, el cual provee una acción de control adecuada ante una situación particular que presente la planta. Como resultado, existen dos formas de plasmar el conocimiento ya se en un controlador puramente difuso o un controlador PID difuso, su funcionamiento se describirá en las siguientes subsecciones.



Control Difuso. Básicamente, el controlador difuso está compuesto por cuatro componentes: fuzzificación, base de conocimiento, mecanismo de inferencia y defuzzificación, ver Figura 3. Estas etapas son fundamentales para la realización del controlador a continuación se detallara la funcionalidad de cada etapa.

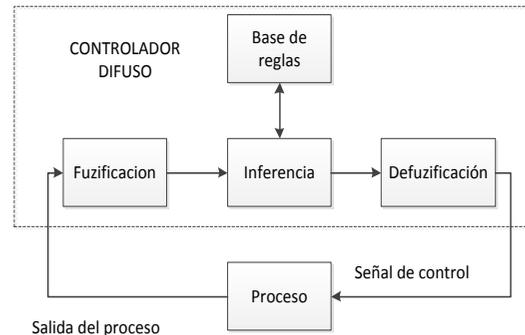


Figura 3 .Componentes del controlador difuso

La primera etapa es la fuzzificación, la cual tiene como objetivo convertir valores crisp (duros) o valores reales en valores difusos. En la fuzzificación se asignan grados de pertenencia a cada una de las variables de entrada con relación a los conjuntos difusos. Estos son previamente definidos y es mediante la utilización de las funciones de pertenencia asociadas a los conjuntos.

La segunda etapa es la base de reglas y contiene el conocimiento asociado con el dominio de la aplicación y los objetivos del control. En esta etapa se deben definir las reglas lingüísticas de control que realizarán la toma de decisiones que a su vez decidirán la forma en la que debe actuar el sistema.

La tercera etapa es la inferencia y que es el proceso mediante el cual se genera un mapeo para asignar a una entrada una salida utilizando lógica difusa. El proceso de inferencia provee las bases para la toma de decisiones del sistema. Este proceso involucra la utilización de funciones de pertenencia y las reglas generadas en la base de conocimiento. Existen diferentes métodos de inferencia, los más comunes son los de Mamdani y Takagi-Sugeno-Kang. La cuarta etapa es la defuzzificación, donde se obtendrá una conclusión difusa. Esta última es una variable lingüística cuyos valores han sido asignados por grados de pertenencia, sin embargo usualmente se necesita un escalár que corresponda a estos grados de pertenencia (proceso de defuzzificación). En la defuzzificación se utilizan métodos matemáticos simples como el método del centroide, método promedio máximo, método del promedio ponderado y método de membresía del medio del máximo [4]. Además, al controlador difuso puede añadirse junto con controladores clásicos, de aquí se obtiene el controlador PID difuso, que es la unión de un controlador difuso con un controlador PID.

Controlador PID Difuso (FPD+I). Es deseable contar con las 3 variables de un controlador PID, pero al trabajar con 3 variables de entrada al sistema, la inferencia difusa da lugar a un gran número de reglas y es difícil la interpretación de la acción integral mediante reglas, por ello es común que se le desacople o que simplemente se la afecte por una ganancia. Esto último es lo que se propone en [3], sumar la acción integral a la salida del sistema de inferencia difusa (FIS). A esta estructura resultante se la llamará FPD+I. El método de ajuste consiste en transferir los parámetros de un controlador PID (ajustado por cualquier técnica) a un controlador difuso FPD+I.



La ecuación 3 define al controlador FPD+I.

$$u(t) = [f(k_e * e, k_{de} * de + ie * ki)] * k_u = FPD + I(e, de) \tag{3}$$

Si se realiza una aproximación lineal en la ecuación 3, se obtiene la ecuación 4.

$$u(t) = [k_e * e + k_{de} * de + ie * ki] * k_u \tag{4}$$

Dónde e es el error ($e = referencia - salida$), de es la derivada del error e ie es la integral del error. La aproximación lineal empleada tiene el objetivo de buscar una semejanza entre dos tipos de controladores, el clásico PID y el difuso FPD+I. Es posible aproximar el FPD con un PD clásico debido a que el FPD está diseñado para emular a un PD, por lo tanto, con la ecuación 4 se está representando de manera aproximada el comportamiento “predictivo” del controlador difuso junto con la acción integral. La ecuación 4 puede ser escrita como se muestra en la ecuación 5.

$$u(t) = \left[e + \frac{k_{de}}{k_e} * de + \frac{ki}{k_e * ie} \right] * k_e * k_u \tag{5}$$

Por otro lado, la ecuación 6 representa al controlador PID ideal:

$$u(t) = k_p * \left[e + T_d * \frac{de}{dt} + \frac{1}{T_i} * \int e dt \right] \tag{6}$$

Se puede observar semejanzas entre las ecuaciones (4) y (6), de la comparación entre ellas surge la ecuación 7,8 y 9

$$k_p = k_e * k_u \tag{7}$$

$$T_d = \frac{k_{de}}{k_e} \tag{8}$$

$$\frac{1}{T_i} = \frac{ki}{k_e} \tag{9}$$

Las ecuaciones 7, 8 y 9 representan la equivalencia entre los parámetros de un controlador PID clásico con los de un controlador difuso FPD+I. En este conjunto de ecuaciones se tiene una variable más que el conjunto de parámetros de un PID. Dado esto, se toma a la ganancia como parámetro de diseño y el resto de los parámetros son calculados según las ecuaciones descritas, por lo tanto, se establece una equivalencia entre las ganancias del PID ideal y las ganancias de PID difuso. Por último, la Figura 4 presenta la arquitectura a implementar de este controlador PID difuso.

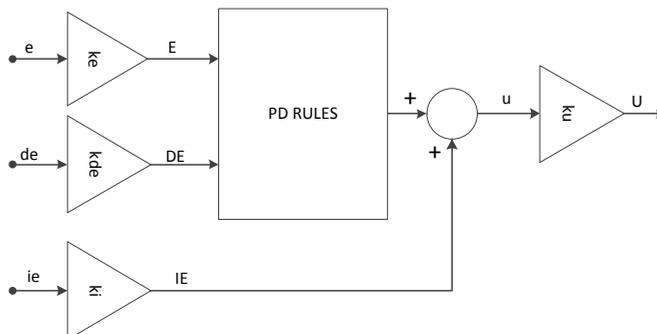


Figura 4. Arquitectura del controlador FPD+I



Lógica Reconfigurable. Con el avance y el rendimiento que tienen hoy en día las arquitecturas hardware, éstas se convierten en una opción más en el diseño y desarrollo de controladores, por lo que se hace necesario la exploración en este rubro para conocer las posibles ventajas de implementación que tienen comúnmente los algoritmos y métodos que se exportan de plataforma software a plataforma hardware.

En la actualidad, el control digital requiere de una alta velocidad de cálculo sobre todo en las nuevas maneras de controlar procesos como control difuso, control adaptativo, entre otros [5]. Por este motivo, el FPGA se ha convertido en una solución alterna al momento de realizar control de sistemas, ya que brinda otra perspectiva de funcionamiento y de rendimiento. Por tal motivo, el desarrollo de arquitecturas hardware en FPGA busca el mejor diseño y la mejor distribución de los elementos funcionales que permitan obtener excelentes resultados de operación.

El FPGA es actualmente el dispositivo más usado para aplicaciones de alto desempeño [6], tomando ventaja del paralelismo del hardware, el cual excede la potencia de cómputo de los procesadores de propósito general (GPPs) y los procesadores digitales de señales (DSPs); FPGA también ofrece flexibilidad, densidad de integración alta y capacidades de rápido desarrollo de prototipos en comparación al diseño personalizado de un Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas (ASIC); no obstante la tecnología resulta medianamente costosa y se requieren conocimientos técnicos para describir hardware. Tanto los PCs, microcontroladores y FPGAs tienen ventajas y desventajas, las cuales deben ser consideradas por el usuario para determinar y desarrollar de manera correcta a un determinado sistema de control.

Trabajos relacionados. En esta investigación se realizó una búsqueda de trabajos relacionados, los cuales están basados principalmente en artículos de divulgación científica. Actualmente se han implementado técnicas de control con técnicas de inteligencia artificial como lógica difusa, presentado en [7], donde se reporta el desarrollo de un controlador difuso PD en FPGA. El sistema ha sido especificado mediante el lenguaje de descripción de hardware VHDL. Los módulos del sistema como la arquitectura del controlador, el módulo de comunicación dedicado y los módulos de conversión digital fueron integrados en un solo CI. En [6] se realiza un control difuso implementado en arquitectura hardware, el cual resuelve el problema de control preciso de un sistema no lineal con un controlador digital PID difuso haciendo el diseño de MATLAB y la implementación en un FPGA. Finalmente, en [8] se diseña un controlador PID digital difuso usando el lenguaje de programación VHDL para un FPGA y 64 reglas para la inferencia difusa.

3. Arquitectura Hardware Propuesta

La arquitectura hardware del controlador difuso a implementar es la del controlador FPD+I que tiene una amplia gama de difusión. El diagrama del controlador anexando la planta es el que se muestra en la Figura 5.

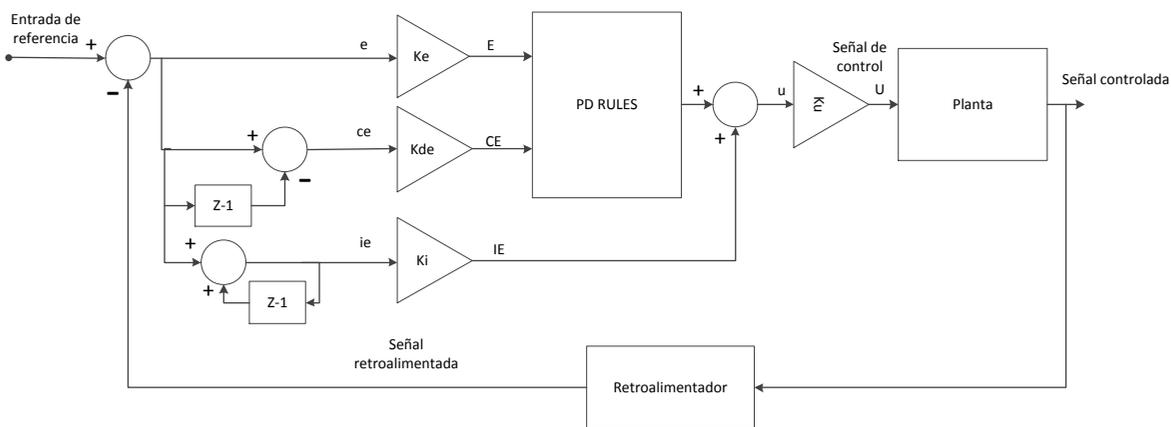


Figura 5. Arquitectura completa del controlador FPD+I y la planta a controlar

Una vez conocida la arquitectura a seguir se decidió desarrollar el módulo más importante: *PD rules*. Primeramente se deben de definir los conjuntos difusos, por lo que se puede utilizar cualquier función, sin embargo, hay ciertas funciones que son más frecuentemente usadas debido a su simplicidad matemática, entre ellas podemos mencionar las funciones tipo triangular, trapezoidal, parabólicas y gaussiana. Este proyecto se enfoca en el uso de funciones triangulares ya que son éstas las que representan los conjuntos del control que se proponen. La función de pertenencia de un elemento x se puede calcular usando la ecuación 10 para funciones triangulares.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-P1}{P2-P1} & P1 < x < P2 \\ \frac{P3-x}{P3-P2} & P2 < x < P3 \\ 0 & x < P1 \text{ ó } x > P3 \\ 1 & x = P2 \end{cases} \quad (10)$$

Entradas y salidas. Los controladores difusos hacen uso de la siguiente información difusa de las entradas: el error E y el cambio de error (CE). Para cada entrada se establece funciones de pertenencias representados por conjuntos difusos triangulares. Además, se establece la función de pertenencia para la única salida. La función de pertenencia del error E está representada en la Figura 7a, la de CE en la Figura 7b y la salida en la Figura 7c, donde N es negativo, Z es cero y P es positivo.

Fuzificación. Para esto servirá la ecuación del conjunto difuso, en este caso el triángulo. Se puede observar que las dos entradas cuentan con tres conjuntos difusos de la misma forma y rango, por tal motivo, las siguientes formulas servirán para las dos entradas. Para el conjunto difuso que representa N se utiliza la ecuación 11a, para el conjunto difuso que representa Z se utiliza la ecuación 11b y 11c, y para el conjunto difuso que representa P se utiliza la ecuación 11d, donde para cada triángulo, a es la esquina más a la izquierda, m es el centro y b la esquina más a la derecha.

$$N = \frac{b-x}{b-m} \quad Z_1 = \frac{x-a}{m-a} \quad Z_2 = \frac{b-x}{b-m} \quad P = \frac{x-a}{m-a} \quad (11a, 11b, 11c, 11d)$$

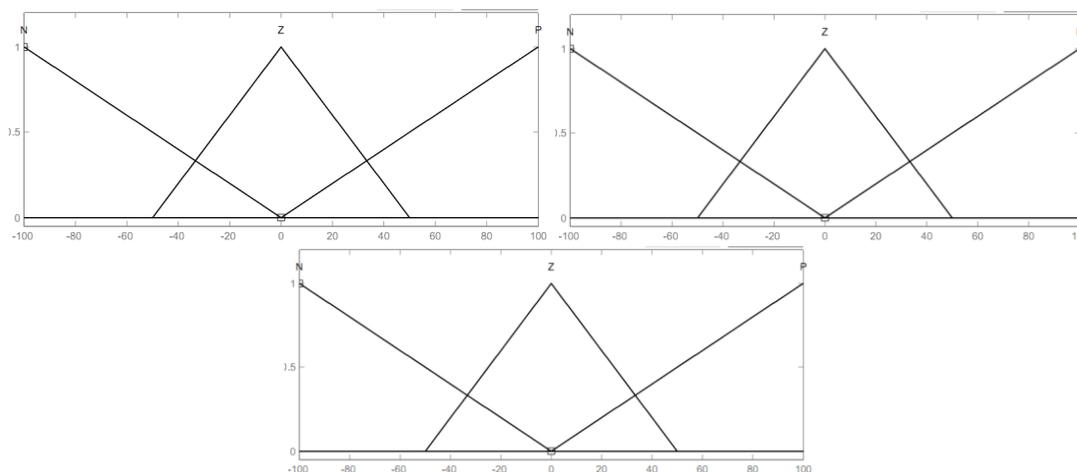


Fig 7. (a) entrada error E,(b) entrada derivada del error CE y (c) salida

Base de Reglas. Dado el tamaño de los conjuntos lógicos, se establece que el total de reglas a evaluar será de 9. Existen diferentes representaciones, una muy común es como la que representa la Tabla I.

Tabla I: Reglas del controlador difuso

E\CE	N	Z	P
N	N	N	Z
Z	N	Z	P
P	Z	P	P

Otra representación, es mediante el uso de reglas del tipo *if-then* y haciendo uso en este caso del operador *and*, como se muestra a continuación:

1. *If E is N and CE is N then O is N*
2. *If E is N and CE is Z then O is N*
3. *If E is N and CE is P then O is Z*
4. *If E is Z and CE is N then O is N*
5. *If E is Z and CE is Z then O is Z*
6. *If E is Z and CE is P then O is P*
7. *If E is P and CE is N then O is Z*
8. *If E is P and CE is Z then O is P*
9. *If E is P and CE is P then O is P*

Después de obtener las reglas que se utilizarán, lo que sigue es calcular la fuerza de disparo de cada regla usando la RSS (*Root Sum Square*) ya que de esta manera se le da a cada regla su respectiva fuerza ponderada, para este proyecto se establecieron las siguientes ecuaciones 12a, 12b y 12c.

$$N_{sal} = \sqrt{R_1 + R_2 + R_4} \quad Z_{sal} = \sqrt{R_3 + R_5 + R_7} \quad P_{sal} = \sqrt{R_6 + R_8 + R_9} \quad (12a, 12b, 12c)$$

Defuzificación. De los resultados obtenidos, se obtiene un valor numérico en la salida. Existen varias formas de hacer la defuzificación, sin embargo, en control la más usada es el método de



centroide, el cual consiste en multiplicar la fuerza ponderada de cada función miembro de salida por los miembros respectivos puntos de función central y el resultado se divide por la sumas de las fuerzas ponderadas de cada función miembro de salida (ecuación 13). Finalmente, se obtiene un número el cual representa el valor ponderado en la función de pertenencia de salida.

$$\frac{\sum_{i=1}^N FP_i * C_i}{\sum_{i=1}^N FP_i} \quad (13)$$

4. Implementación Hardware

Una vez conocidos los procesos que se calculan en el proyecto, se procede a realizar la implementación hardware cubriendo cada una de las siguientes etapas: i) Fuzzificación, ii) Base de reglas e Inferencia y iii) Defuzzificación. La herramienta seleccionada fue Simulink de MATLAB 2012 junto con la herramienta denominada System Generator IDS 14.2, la cual permite trabajar con librerías de dispositivos hardware (FPGAs). A continuación se describe y se muestra las implementaciones de cada etapa del controlador PID difuso.

Fuzzificación. La etapa de la fuzzificación (Fig. 8) consta de 4 cálculos importantes, los cuales se basan en las ecuaciones 11a, 11b, 11c y 11d.

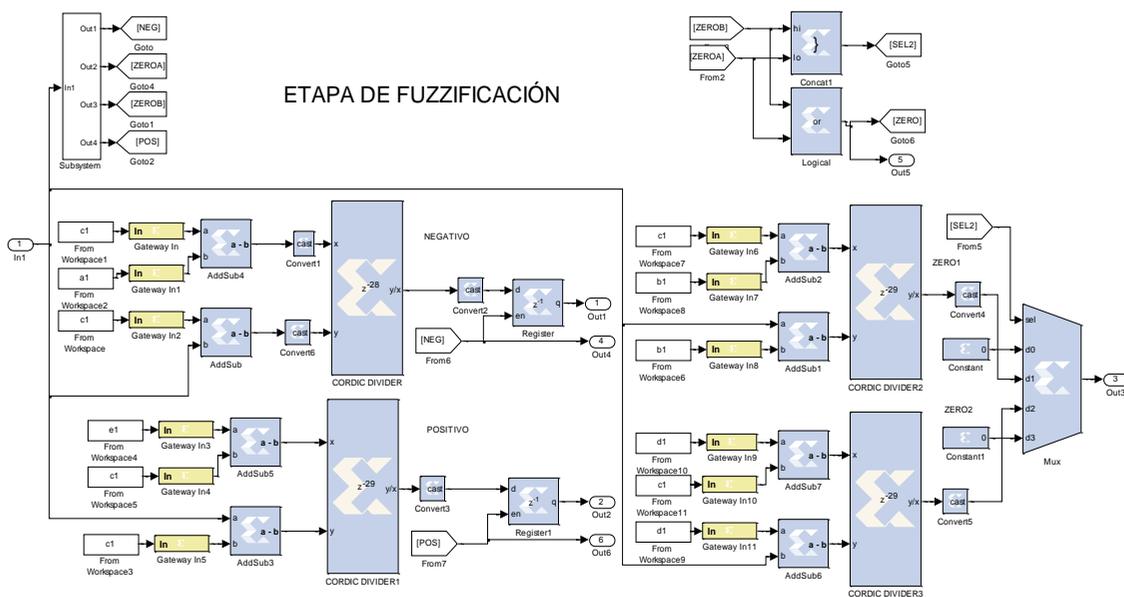


Figura 8 . Etapa completa de fuzificacion

Ademas, se tiene el modulo de control, el cual establece las funciones que se activan en un momento determinado. Esto es importante ya que se obtiene un codigo de activacion útil en la inferencia de reglas, su implementación se muestra en la figura 9.

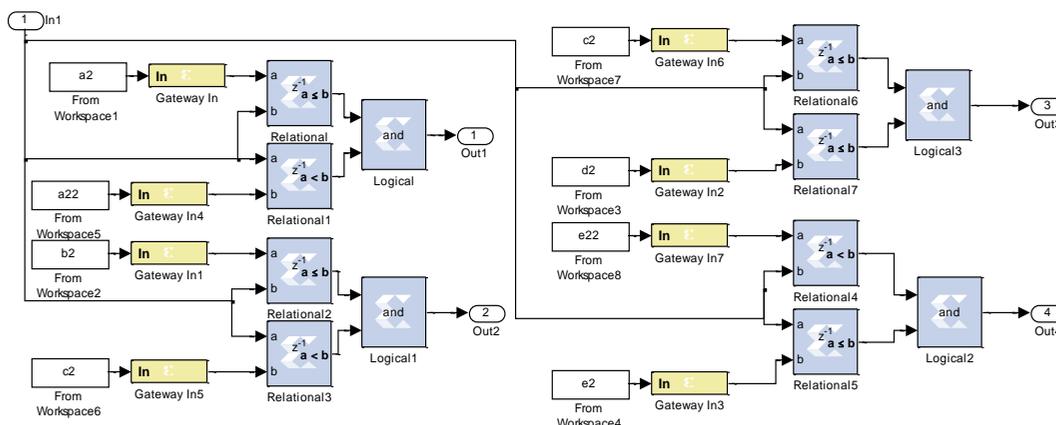


Figura 9. Control de la fuzzificación.

Base de reglas e Inferencia. Este bloque de la arquitectura, ver figura 10, consta de selectores de activación cuyo propósito es importante para que se realice la inferencia de las reglas. Las reglas están agrupas según el conjunto de salida N, Z y P.

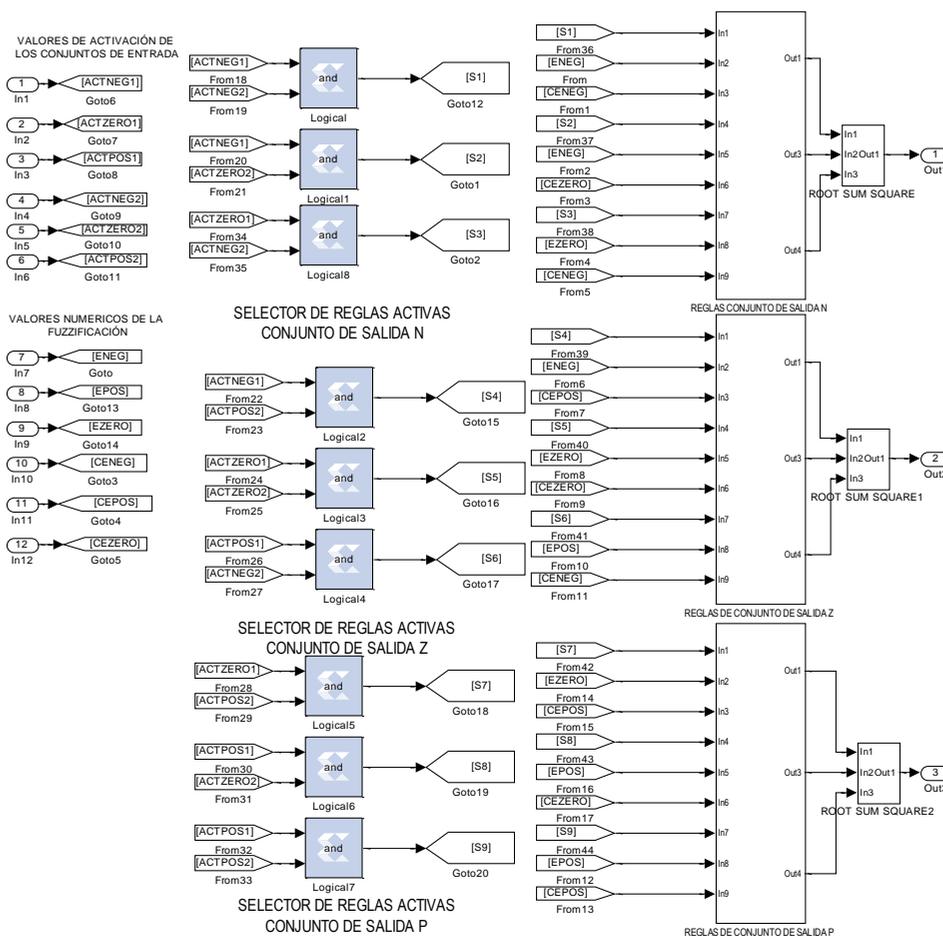


Figura 10. Inferencia y base de reglas

Como se mencionó anteriormente, los conjuntos de salida N, Z y P tendrán 3 reglas, ver Figura 11a, cada una por lo que el mismo bloque se usa para todos. La base de reglas fue implementada



con señales de control las cuales salían de la parte de fuzzificación, Por otra parte cada regla es representado como se muestra en la figura 11b.

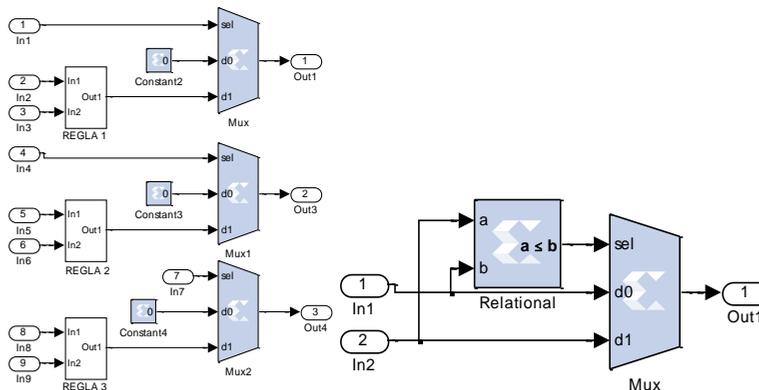


Figura 11a) Reglas de cada conjunto difuso en la salida, 11b) Implementación de cada regla. Para obtener la ponderación de las reglas se realiza la RSS (*Root Sum Square*) para cada función miembro se muestra en la Figura 12.

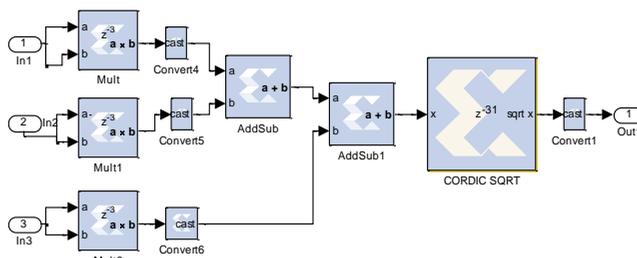


Figura 12. Implementación de la Root Sum Square.

Defuzzificación. El último paso es hacer el método del centroide para obtener un valor en la salida, donde la entrada son las tres raíces cuadas de cada conjunto difuso de la salida, la implementación en hardware es como se muestra en la Figura 13.

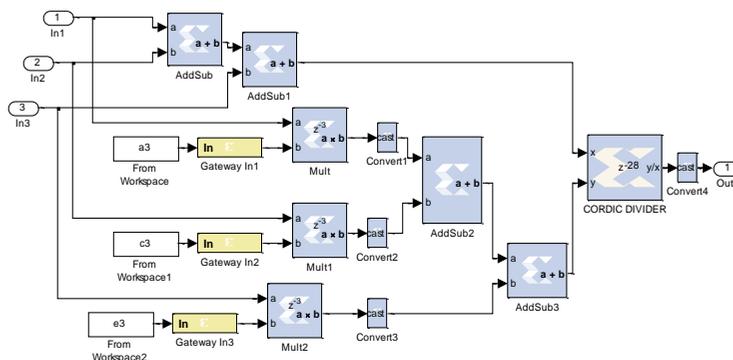


Figura 13. Método de Centroide

Una vez terminado el bloque de *PD rules* se complementa todo el diagrama como se muestra en la figura 14.

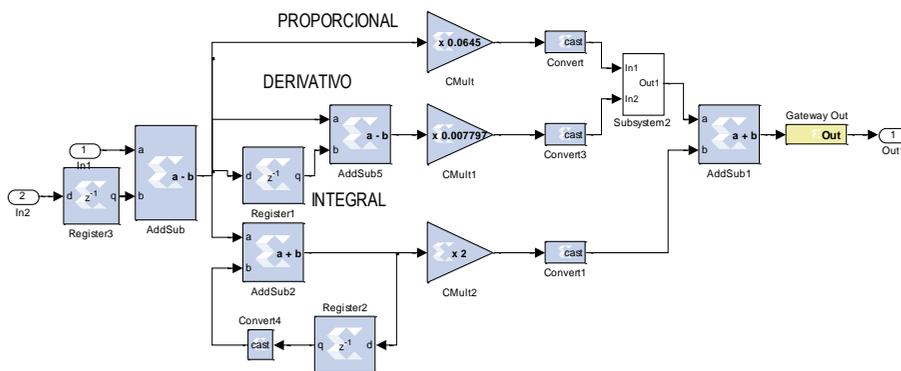


Figura 14. Diagrama completo del controlador completo PID difuso

Esta es la arquitectura final propuesta, la cual se procedió a realizar pruebas y simulaciones del comportamiento del controlador, operando sobre sistemas reales obtenidos de motores de corriente directa.

5. Resultados

En esta sección, se describen los resultados obtenidos; primeramente el algoritmo de PD rules se programó también en código m de MatLab, por lo cual se tenía una referencia de funcionamiento del bloque PD rules, el resultado de la simulación en software del algoritmo y de la implementación hardware tiene un pequeño error, lo cual se soluciona ampliando el número de bits en los datos de procesamiento aunque esto significa más recursos hardware, por lo cual se decidió dejar este error ya que se considera que no afecta al funcionamiento general.

Por otro lado, cabe destacar que la arquitectura propuesta cuenta con paso de parámetros desde código de MatLab, la cual representa una gran ventaja para los diseñadores ya que se ahorra tiempo y esfuerzo al momento de calibrar todo el sistema. Por último se deja a criterio de los diseñadores la calibración y adecuación de la arquitectura al control distintos procesos. En la figura 15 se muestra la arquitectura conectada con la siguiente función de transferencia correspondiente a un motor de corriente directa de 24 V.

$$P(S) = \frac{4.58 \times 10^{-2}}{18.67 \times 10^{-9} S^2 + 17.68 \times 10^{-6} S + 2.10 \times 10^{-3}} \quad (14)$$

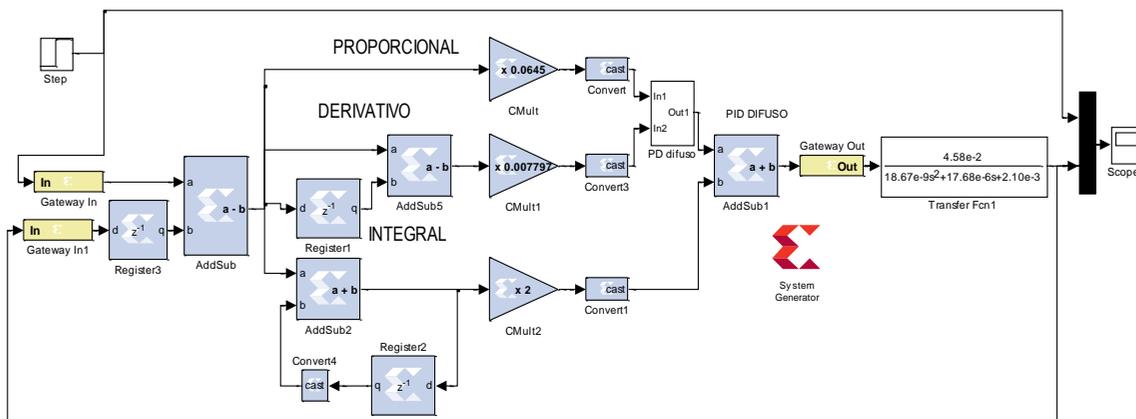


Fig. 15. Sistema PID difuso (FPD+I)



El número de parámetros de entrada es de 17: los 7 primeros corresponden a los límites de las funciones de pertenencia de la primera entrada (*error*), otros 7 corresponden a los de la entrada de la *derivada del error* y los últimos 3 son los valores que representan los centros de la función de pertenencia de la salida, la cual es útil durante la Defuzzificación haciendo el método del centroide.

Por otra parte, para obtener los recursos utilizados en esta arquitectura se usó el FPGA Spartan 3e, los recursos usados en el dispositivo son lo que se enlistan a continuación. Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO-CA-9.

Tabla II. Recursos hardware usados en el controlador PID difuso y tiempos de reloj

Selected Device : 3s500efg320-4		
Number of Slices	58 out of 4656	1%
Number of Slice Flip Flops	96 out of 9312	1%
Number of 4 input LUTs	46 out of 9312	0%
Number of IOs	1	
Number of bonded IOBs	1 out of 232	0%
Number of GCLKs	3 out of 24	12%
Minimum period	2.058ns	
Maximum Frequency	485.909MHz	
Minimum input arrival time before clock	6.813ns	
Maximum output required time after clock	1.011ns	
Maximum combinational path delay	4.999ns	

6. Conclusiones

La arquitectura propuesta cuenta con parámetros personalizables al diseñador, por lo cual se hace flexible al diseño ya que no se requiere modificar la arquitectura para adecuarla a lo que necesiten los diseñadores de sistemas de control difuso. Esto es importante ya que se ahorra tiempo y esfuerzo en el desarrollo e implementación. Con el uso de lógica reconfigurable, en especial el uso de arquitecturas hardware se mejora el tiempo de ejecución de los algoritmos ya que eleva la velocidad de cálculo de las operaciones y el paralelismo de ellas resulta beneficioso en gran medida en procesos que se requiera tiempo real.

Se prevé que los controladores PID difuso logren mayor estabilidad ante otros controladores como PID clásico ante perturbaciones y cambios bruscos en la entrada. La lógica difusa se usa para controlar procesos, además de ella, en Inteligencia Artificial existen otros métodos como redes neuronales y algoritmos genéticos, por lo cual se crea motivación el realizar proyectos que estudien este tipo de métodos alternativos. Se busca en un futuro implementar diferentes formas de control con Inteligencia Artificial y analizar su comportamiento para obtener conclusiones útiles en el diseño de controladores inteligentes.



Referencias

1. Marcelo Noriega del Castillo, *“Implementación de un Sistema de Control Digital de la Velocidad de un Motor DC utilizando Redes Inalámbricas”*, Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, Lima, abril 2011.
2. Mario Alberto Pérez, Analía Pérez Hidalgo, Bioing. Elisa Pérez Berenguer, *“Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo”*, Universidad Nacional de San Juan Facultad de Ingeniería Departamento de Electrónica y Automática, 2008.
3. Ramón Galán, Agustín Jiménez, Ricardo Sanz, Fernando Matía, *“Control Inteligente”*, Inteligencia Artificial Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, verano, año/vol. 4, número 010, Valencia, España, pp. 43-48, año 2000.
4. José M. Juárez Herrero, José J. Cañadas Martínez, Roque Marín Morales, *“Control”*. Capítulo del libro Inteligencia Artificial - Técnicas, métodos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana de España, ISBN 8448156188, p. 589-646, Primera Edición, Septiembre 2008.
5. Abdesselem Trimeche, Anis Sakly, Abdelatif Mtibaa, Mohamed Benrejeb, *“PID control implementation using FPGA technology”*, Publicaciones de conferencia Design and Test Workshop, 2008. IDT 2008. 3rd International, p 341- 344.
6. Wen Chen, Hui-mei Yuan, Yan Wang. *“Design and implementation of digital Fuzzy-PID controller based on FPGA”*, Publicación de conferencia *Industrial Electronics and Applications, 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference, P.393- 397, Mayo 2009.*
7. V. H. Grisales, J. E. Bonilla, M. A. Melgarejo, *“Diseño e implementación de un controlador difuso basado en FPGA”*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Santafé de Bogotá, Colombia, Conferencia IWS'2001 VII WORKSHOP IBERCHIP, Uruguay 2001.
8. Zeyad Assi Obaid, Nasri Sulaiman, M.N. Hamidon, *“Developed method of FPGA-based Fuzzy logic controller design with the Aid of conventional PID Algorithm”*, Departamento de electricidad y electrónica de la Universidad Putra Malasia, artículo de Australian Journal of Basic and Applied Sciences, ISSN 1991-8178, 2009.
9. Carlos A. Estrada Suárez. *“Diseño de un sistema de seguimiento de trayectorias para un robot móvil”*. Tesis de maestría en ciencias en ingeniería eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Marzo 2006.



DISEÑO Y DESARROLLO DEL HARDWARE EN FPGA SPARTAN 3E PARA EL CONTROL DE UN MOTOR PASO A PASO

Atziry Cárdenas Jijón, Ignacio Algreto-Badillo,
César Maldonado Cabriales, Omar Santiago Nieva García

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel: 01-971-5224050
atziry_caji@hotmail.com, {algreodobadillo, cesar.maldonado}@sandunga.unistmo.edu.mx,
omarng@bianni.unistmo.edu.mx

Resumen—El número de aplicaciones que utilizan motores paso a paso es muy grande, ya que ofrecen alta precisión. El presente documento describe el diseño, simulación e implementación de una arquitectura hardware para el control de giro y velocidad de un motor paso a paso usando la tarjeta de desarrollo FPGA *Spartan 3E Starter Kit Board*, y la herramienta Xilinx ISE Design Suite 13.2. La arquitectura hardware propuesta es descrita en VHDL y sus módulos internos se ejecutan concurrentemente, simulada y validada en la implementación física. El control de la velocidad se realizara por medio de la técnica PWM y el giro del motor paso a paso se regirá mediante una máquina de estados que terminará la secuencia a seguir. La implementación hardware requiere de 35 *lices* a una frecuencia máxima de operación de 170.18 MHz, lo que resulta en pocos recursos de hardware a una gran velocidad de reloj.

Abstract— A huge number of applications use stepper motor due to its high precision. This paper describes the design, simulation and development of a hardware architecture to control the spin and speed of a stepper motor using FPGA Spartan 3E Starter Kit Board development board and the Xilinx ISE Design Suite 13.2 software. The proposed hardware architecture is described by using VHDL and its internal modules running concurrently; this architecture was simulated and validated in the physical implementation. The speed control is performed by the PWM technique and the spin of the stepper motor is performed by state machine that describes the sequence to follow. The hardware implementation requires of 35 slices in a maximum frequency of operation at 170.18 MHz, it results in a few hardware resource at high clock speed.

1. INTRODUCCIÓN

En numerosas ocasiones es necesario convertir la energía eléctrica en energía mecánica, por lo que se utilizan motores. Existe diferentes tipos de motores para diversas aplicaciones, pero cuando se necesita posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad, hay dos soluciones confiables: un motor paso a paso o un servomotor.

Los motores paso a paso permiten controlar la velocidad, posición y giro, siendo útiles en aplicaciones generales como en la robótica, domótica, tecnología aeroespacial, gobierno de discos



duros y flexibles en sistemas informáticos, manipulación y posicionamiento de piezas, aplicaciones específicas como un robot con cámara web, entre otras.

Existen varios tipos de motores paso a paso entre los principales se encuentran los unipolares que tienen de cinco a seis cables de salida y bipolares que tienen cuatro cables de salida. El sistema de control de los motores paso a paso está basado en una secuencia de códigos que permitirá secuencias de paso completo o paso medio; el cambio de dirección se realiza invirtiendo dicha secuencia de pasos y la velocidad de giro depende de la velocidad en que se cambian los códigos en secuencia correcta.

Para el diseño y desarrollo de sistemas de control se tienen varias formas de implementarlos: software a través de una secuencia de instrucciones (por ejemplo, mediante el uso de computadoras personales, microprocesadores o microcontroladores) o hardware a través de módulos operando concurrentemente. Cada una tiene sus ventajas y desventajas, en específico, cuando hay que controlar gran número de motores como lo son en brazos robóticos o robots móviles con varios grados de libertad, las implementaciones en software tienen peor desempeño que las implementaciones hardware.

Realizar implementaciones en software puede ser costoso y menos eficiente, aunque con gran flexibilidad en el diseño, mientras que una implementación en hardware puede ser más eficiente, rápida y con las nuevas tecnologías como el FPGA, ver Figura 1, reportar buena flexibilidad. El FPGA es una herramienta útil debido a su alta frecuencia de trabajo, capacidad de procesamiento en paralelo, arquitectura más completas y flexibles para el diseño de aplicaciones de alto desempeño y múltiples herramientas de desarrollo, ya que es posible diseñar soluciones digitales a la medida en menos tiempo y bajo costo.

En este sentido es necesario proponer módulos de control para el paradigma de lógica hardware reconfigurable para el control de los motores paso a paso que permita ejecutar todas las operaciones en paralelo o en forma concurrente, haciendo uso eficiente de los recursos hardware y con gran velocidad de procesamiento.



Figura 1. Tarjeta de desarrollo basado en un FPGA Spartan



2. VHDL Y PWM

VHDL es un lenguaje de descripción de circuitos electrónicos digitales que utiliza distintos niveles de abstracción. Esto significa que VHDL permite acelerar el proceso de diseño. No es un lenguaje de programación, por ello conocer su sintaxis no implica necesariamente saber diseñar con él. Es un lenguaje de descripción de hardware, que permite describir circuitos síncronos y asíncronos [1].

Ventajas del uso un lenguaje de descripción hardware

- Descubrir problemas en el diseño antes de su implementación física.
- Herramientas computacionales especializadas cuando la complejidad de los sistemas electrónicos crece.
- Permite que más de una persona trabaje en el mismo proyecto.

En particular, VHDL permite tanto una descripción de la estructura del circuito (descripción a partir de subcircuitos más sencillos), como la especificación de la funcionalidad de un circuito utilizando formas familiares a los lenguajes de programación.

La misión más importante de un lenguaje de descripción hardware es que sea capaz de simular perfectamente el comportamiento lógico de un circuito sin que el programador necesite imponer restricciones.

Los circuitos descritos en VHDL pueden ser simulados utilizando herramientas de simulación que reproducen el funcionamiento del circuito descrito. Para la realización de la simulación existe un estándar aprobado por el IEEE, en el cual se explican todas las expresiones propias de VHDL y cómo se simulan. Además, existen herramientas que transforman una descripción VHDL en un circuito real (a este proceso se le denomina síntesis).

El uso de arquitecturas hardware en lógica reconfigurable permite resolver varios problemas de desempeño, eficiencia y flexibilidad, aunque es necesario diseñar, analizar y seleccionar la mejor distribución de módulos funcionales que conforman a la arquitectura principal.

Los motores paso a paso, en general, se controlan a través de especificar una secuencia de códigos binarios, por lo que esta secuencia permite el giro del motor y si se genera la secuencia en forma inversa, cambia el sentido de giro del motor. Para ofrecer diferentes velocidades de giro del motor, se debe variar la velocidad en que se generan las secuencias de código, siendo proporcional la velocidad de giro con la velocidad de la generación de secuencias.

Por otro lado, el PWM [2] o modulación por ancho de pulsos de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a un carga. Por lo tanto, para controlar la velocidad de giro del motor paso a paso se utilizo el PWM el cual permite ajustar la duración del pulso en alto y bajo para obtener diferentes velocidades en el giro del motor.



3. ARQUITECTURA HARDWARE PROPUESTA

El sistema propuesto está compuesto por tres etapas: 1) etapa de procesamiento, 2) etapa de opto-acoplamiento y 3) etapa de potencia, ver Figura 2. La etapa de procesamiento es la que realiza el control de giro y velocidad del motor, esta etapa le envía a la etapa de opto-acoplamiento la secuencia que el motor paso a paso realizará, posteriormente la etapa de opto-acoplamiento envía a la etapa de potencia la secuencia de pasos que recibe del FPGA y finalmente se visualizará la secuencia físicamente en el motor a través de la fase de potencia.

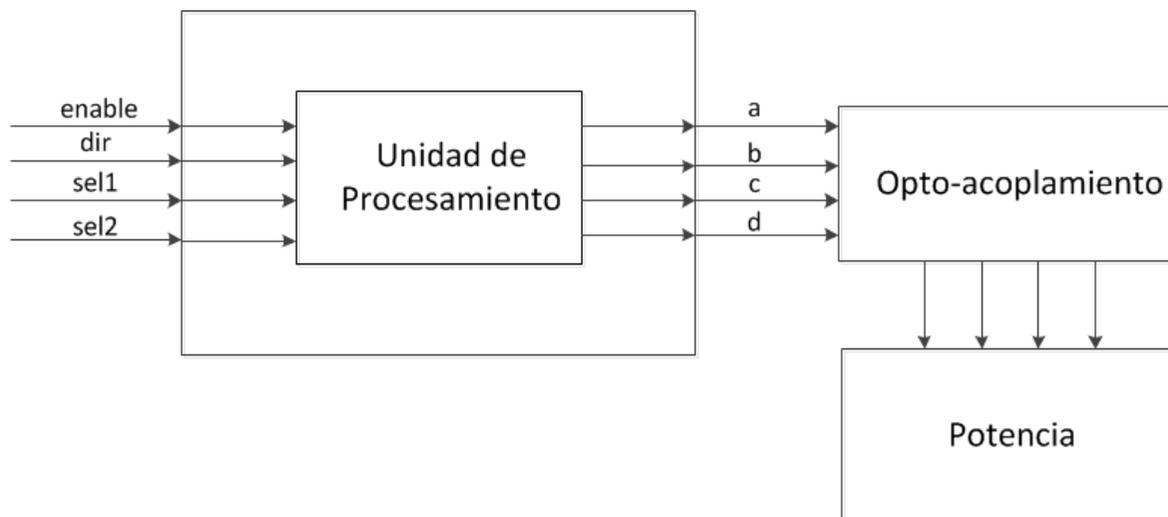


Figura 2. Diagrama a bloques del sistema propuesto

Los objetivos generales de este proyecto son: 1) conocer el funcionamiento del FPGA y poder realizar su configuración, 2) diseñar un módulo de control de giro que debe seguir el motor (sentido horario y anti horario), y 3) además, controlar la velocidad y analizar el estudio de su funcionamiento y su regulación de potencia para lograr el movimiento de los motores, todo esto mediante el diseño de una máquina de estados.

Para realizar el sistema se diseñó una máquina de estados la cual tiene como propósito conocer el estado en el que debe de estar el motor, a través de señales de entrada que provienen del usuario o de un sistema con mayor jerarquía. La idea de esta máquina es que el giro y la velocidad fueran determinadas a partir de un conjunto de opciones, el cual pudiera incrementarse o reducirse sin la necesidad de modificar a la máquina. Esto se logra mediante el uso de un contador y multiplexor para realizar las diferentes velocidades mediante la técnica de PWM. Cuando se generan las señales de giro y PWM, la siguiente parte es dar la corriente necesaria para mover los motores, por lo que fue necesaria la etapa de potencia, la cual permite el giro del motor paso a paso con cuatro diferentes velocidades y finalmente se diseñó la etapa de opto-acoplamiento la cual aísla a el FPGA de la etapa de potencia, el objetivo principal del diseño de esta etapa es evitar que altas corrientes y tensiones lleguen del motor al FPGA.



4. DESARROLLO

Para realizar el control de giro y velocidad del motor paso a paso de 4 hilos, fue necesario desarrollar tres etapas: la etapa de procesamiento, opto-acoplamiento y la etapa de potencia.

1) Etapa de Procesamiento

En la etapa de procesamiento se utilizó el software de Xilinx ISE Design Suite 13.2 en la cual se describió y simuló el código VHDL. El diagrama a bloques de la etapa de procesamiento se muestra en la Figura 3 y consiste principalmente en el diseño de la máquina de estado. Esta etapa acopla la idea del control de la velocidad y giro del motor paso a paso; el cambio de giro del motor paso a paso se realiza invirtiendo la secuencia de pasos del motor, el cual gira completamente en cuatro pasos. El cambio de la velocidad se hace mediante el uso de un contador y un multiplexor el cual permite tener un menú grande de velocidades.

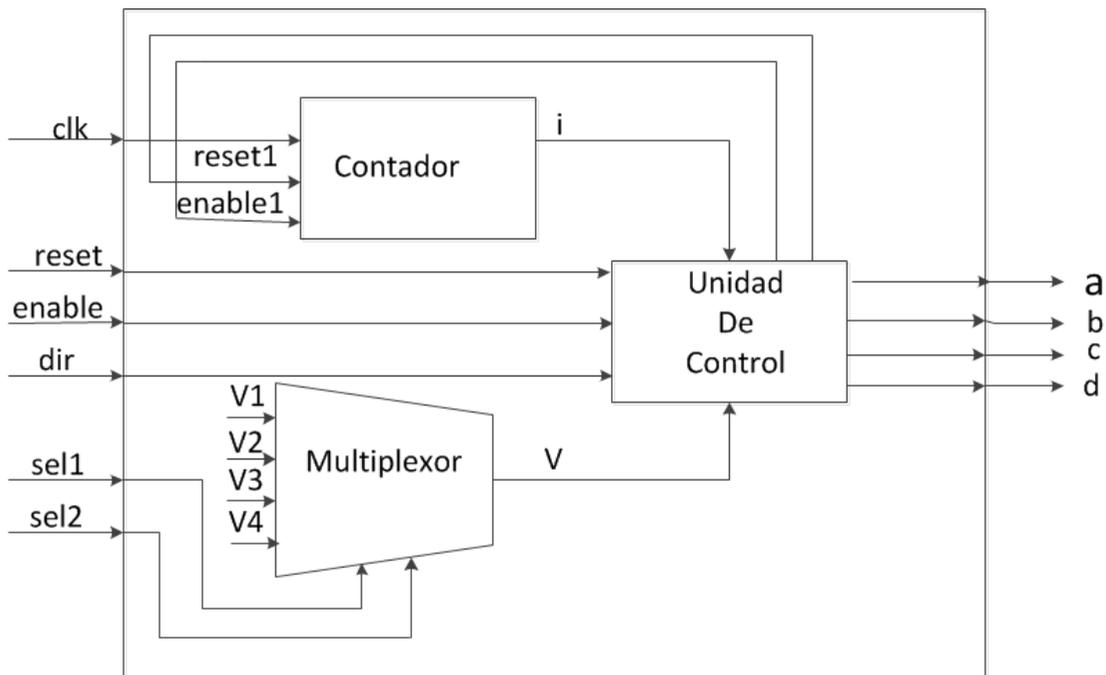


Figura 3. Diagrama a bloques de la etapa de procesamiento para el controlador del motor paso a paso.

La descripción de los componentes es la siguiente: i) la unidad de control está basada en una máquina de estados finitos (FSM, *finite state machine*) mediante la cual se controla tanto el giro como la velocidad del motor paso a paso, esta unidad recibe tres entradas que son: *enable* que permite que el sistema opere, *reset* encargada de restablecer al sistema, *dir* que controla el sentido en el que gira el motor, es decir, sentido horario o anti horario, ii) el multiplexor está controlado por dos entradas que son *sel1* y *sel2* que se encargan de seleccionar entre las cuatro velocidades del motor, donde aumentar el número de velocidades no implica modificar la unidad de control, y iii) el contador que tiene solo una entrada de habilitación y que es útil para proporcionar las cuatro diferentes velocidades mediante el uso del PWM.



Un punto importante de esta arquitectura propuesta es que aumentar de velocidades no cambia la unidad de control, sino sólo aumentan el número de las constantes provenientes del multiplexor. La unidad de tiempo que se utiliza para las comparaciones es a través de la señal generada por el contador, por lo que con esto se generan retardos diferentes para presentar velocidades diferentes.

Para el desarrollo de esta etapa se asumirán los siguientes aspectos:

1) Para realizar y comprender el funcionamiento que se desea de los motores, diseñar la máquina de estados siguiendo la estructura basada en la máquina de Mealy [3].

2) Diseñar la tabla de verdad para la secuencia de pasos del motor.

Una vez que se conoce el funcionamiento del circuito o las funciones que debe cumplir, se procede a realizar el diagrama de estados del mismo. La Figura 4 muestra este diagrama, en el cual se puede observar que para que el sistema este funcionando es necesario que el *enable* esté activo, mientras que si *dir=0* el motor estará girando en sentido horario y si *dir=1* el motor girará en sentido anti horario; si *enable=0* el sistema queda en un estado de reposo.

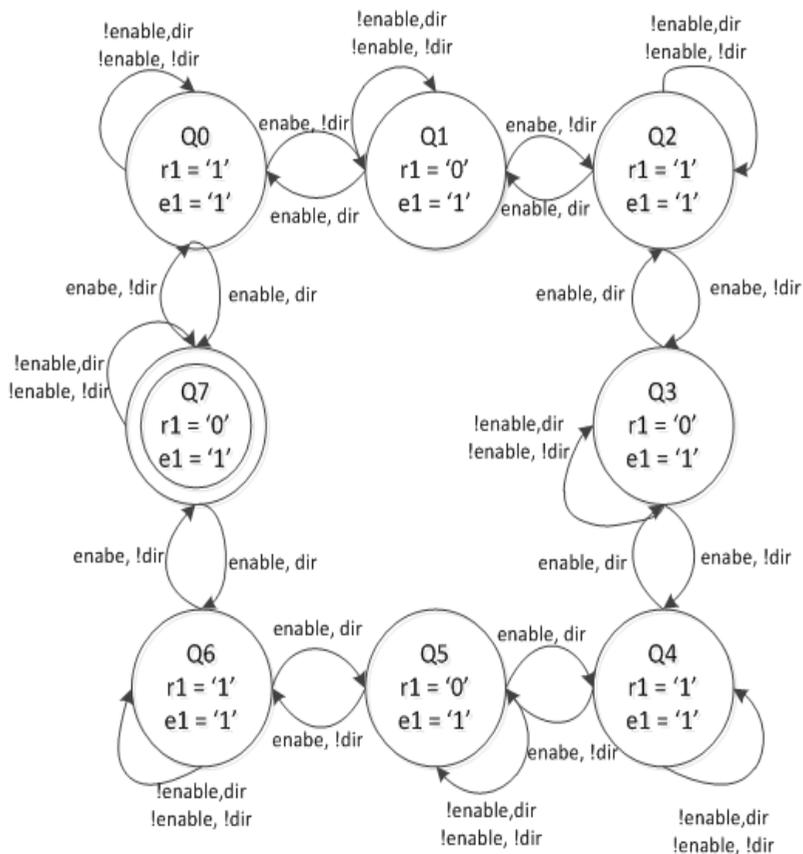


Figura 4. Diagrama de estados de la unidad de control.

Una vez realizado el diagrama de estados se procede a la realización de la tabla de estados y salidas. Dicha tabla para el controlador de motor de paso se presenta a continuación, ver Tabla I. En los estados q1, q3, q5 y q7 se muestran los pasos para que el motor gire en un sentido. Para



invertir el giro del motor fue necesario invertir la secuencia de pasos del motor, también se ven reflejadas las señales de salidas para el FPGA, en donde los estados q0, q2, q4 y q6 son estados intermedios, dichos estados se usan para reestablecer el contador, el cual es necesario para generar el PWM para las cuatro velocidades, seleccionándose a través del sistema.

Estado Actual	Estado Siguiete				Salidas
	!enable&dir	enable&!dir	!enable&!dir	enable&dir	a,b,c,d
q0	q0	q1	q0	q7	0,0,0,0
q1	q1	q2	q1	q0	1,0,1,0
q2	q2	q3	q2	q1	0,0,0,0
q3	q3	q4	q3	q2	1,0,0,1
q4	q4	q5	q4	q3	0,0,0,0
q5	q5	q6	q5	q4	0,1,0,1
q6	q6	q7	q6	q5	0,0,0,0
q7	q7	q0	q7	q6	0,1,1,0

Tabla 1: Tabla de transición de estados

2) Etapa de Opto-acoplamiento

Los optoacopladores se utilizan para transferir señales de un sistema a otro con total aislamiento. Por lo tanto, al utilizar el FPGA el cual va alimentado con una fuente de tensión distinta que la del motor se recomienda utilizar algún optoacoplador para evitar que corrientes o tensiones altas lleguen al FPGA desde el motor. Se utilizaron los optoacopladores 4N25 [4] el esquema que se muestra en la Figura 5.

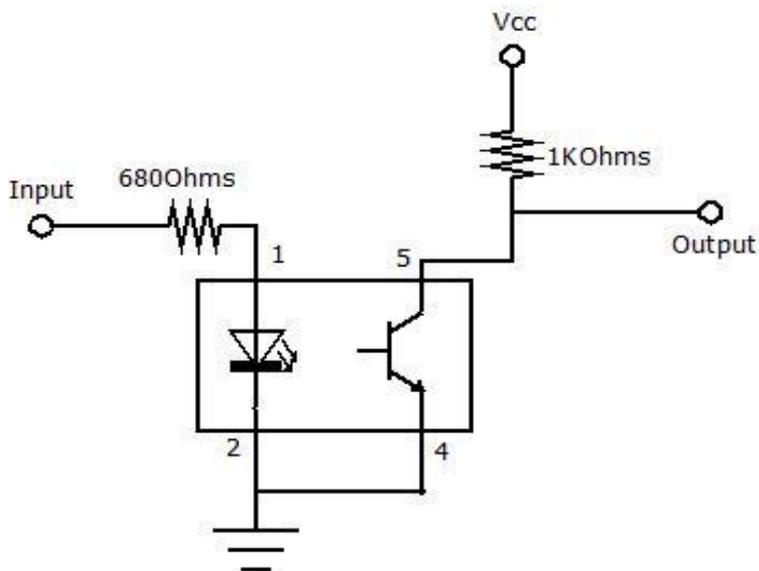


Figura 5. Esquema de conexión del Opto-acoplador

3) Etapa de Potencia.

El FPGA no puede suministrar al motor la potencia necesaria para moverse, debido a que el FPGA se alimenta a 3,3 volts mientras que el motor necesita un voltaje de 5 a 12 volts para su funcionamiento, por lo tanto, se utilizó el circuito integrado L293B [5] que permite controlar de forma sencilla el voltaje del motor paso a paso, el circuito se muestra en la Figura 6. Los hilos del motor paso a paso están conectados en las entradas 2,7,10 y 15 del LM293.

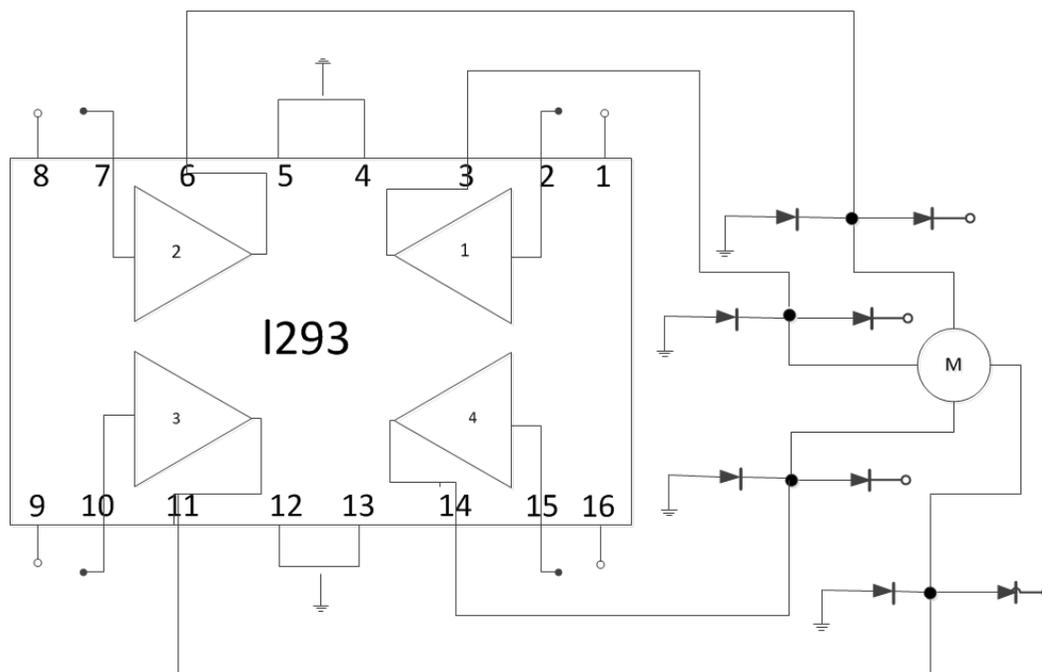


Fig.6. Esquema de la electrónica requerida para suministrar potencia al motor



5. Implementación y Resultados

Se utilizó el software Xilinx ISE Design Suite 13.2, el cual proporciona las herramientas para diseñar, simular e implementar mediante circuitos configurables como los FPGAs, además de que permite un mejor aprovechamiento y optimización de costos con una mayor productividad del diseño. Esta herramienta software se utiliza al describir a través del lenguaje VHDL el funcionamiento de cada módulo que compone el sistema para el control del motor paso a paso, mediante una descripción estructural.

En la Figura 2 se muestra un diagrama a bloques que generaliza la funcionalidad del sistema. Como primer paso se declaran las librerías a utilizar, posteriormente la etapa de la declaración de la arquitectura del sistema en la cual se compone de estados, y como componentes un contador y un multiplexor, cada una de ellas con sus propias entradas y salidas. El módulo más notorio de este esquema es el que constituye la máquina de estados, ya que es ahí donde llegan las entradas (*clk*, *reset*, *dir*, *enable*), las cuales deciden las salidas del sistema de manera determinista.

Al finalizar la descripción y simulación de la arquitectura, se procede a descargar el archivo a la tarjeta, siguiendo la secuencia:

- Generar archivo .bit (*Generate Programming File*)
- Conectar la tarjeta Spartan 3E a la computadora por medio del cable USB.
- Hacer doble clic en la pestaña “Configure Device (iMPACT)”.
- Asignar el archivo .bit al dispositivo correspondiente (asignar bypass a los otros dispositivos).
- Programar el FPGA, haciendo clic derecho sobre el icono del dispositivo correspondiente.
- Esperar el mensaje de “*Program Succeeded*”, tal como se muestra en la Figura 7, por lo tanto, el código puede ser comprobado en la tarjeta.

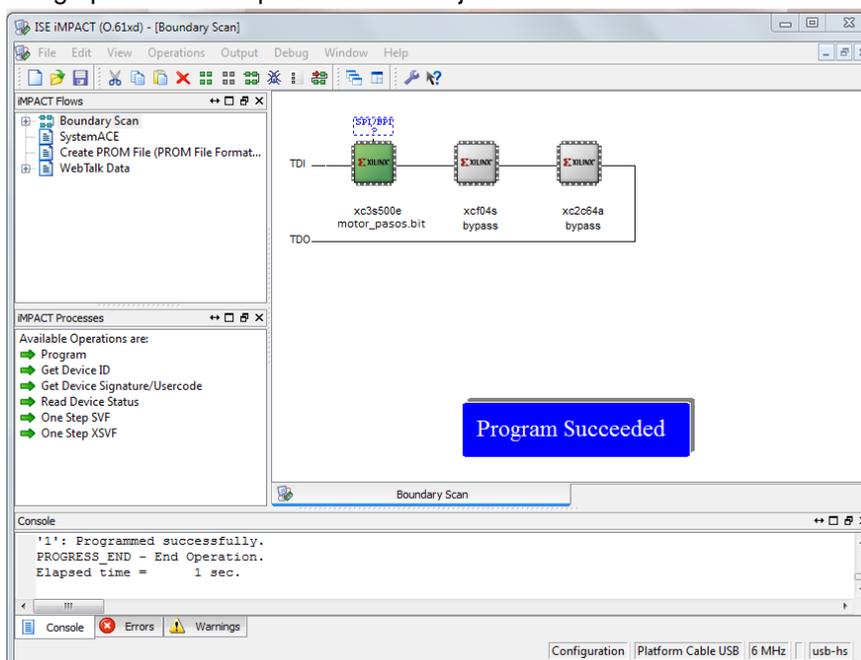


Figura 7. Finalización de la programación en el FPGA.



Resultados

En este proyecto se aplicaron los siguientes conceptos

1. Diseño de la máquina de estados.
2. Uso del dispositivo FPGA.
3. Conceptos generales de los MPAP.
4. Uso de la herramienta Xilinx ISE 13.2

El material principal utilizado para el proyecto fue: la tarjeta FPGA Spartan 3E Starter Kit Board, 4 opto-acopladores 4N25, el motor paso a paso de 4 hilos y el integrado L293B.

Las validaciones y pruebas se realizaron en la tarjeta de desarrollo Spartan 3 Starter Kit operando a 50 MHz con cuatro diferentes velocidades del motor paso a paso. Los resultados de implementación son 35 slices a una frecuencia máxima de operación de 170.18 Mhz, lo que resulta en pocos recursos hardware a gran velocidad de reloj, finalmente se visualizo el motor paso a paso funcionando con giro horario y anti horario y el control de un menú de cuatro velocidades, ver la Figura 8.

Además las salidas generadas por el PWM fueron comprobadas por un osciloscopio que mostraba los ciclos de trabajo operando de manera correcta dependiendo de las velocidades seleccionadas.

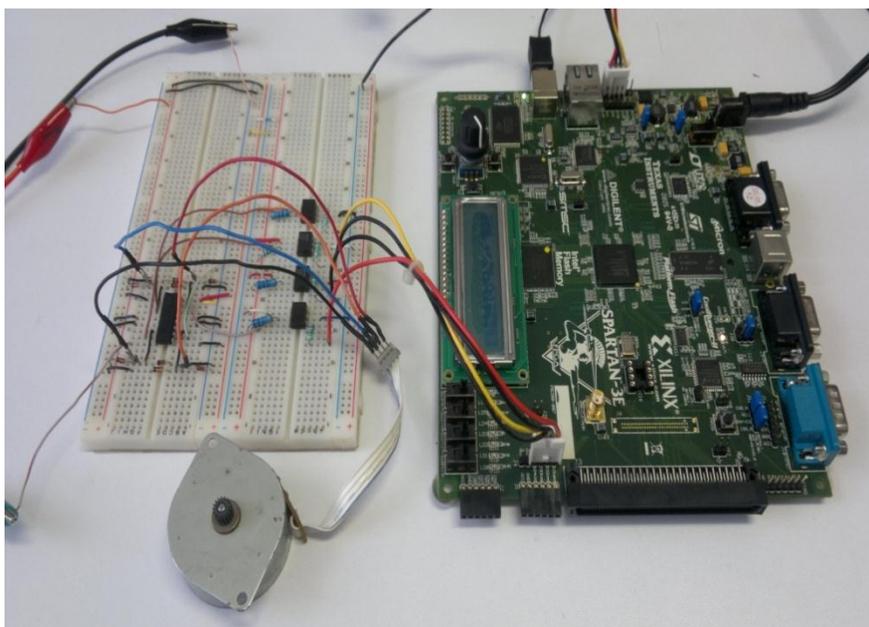


Figura 8. Resultado final del sistema

Los resultados de implementación en el FPGA Spartan 3E que están contenidos en la tarjeta de desarrollo se describen a continuación.



Minimum period: 6.233ns (Maximum Frequency: 160.436MHz)

Design Summary Report:

Number of External IOBs		9 out of 232	3%
Number of External Input IOBs	5		
Number of External Input IBUFs	5		
Number of LOCed External Input IBUFs	5 out of 5	100%	
Number of External Output IOBs	4		
Number of External Output IOBs	4		
Number of LOCed External Output IOBs	4 out of 4	100%	
Number of External Bidir IOBs	0		
Number of BUFGMUXs		1 out of 24	4%
Number of Slices			35 out of 4656
1%			
Number of SLICEMs		0 out of 2328	0%

Overall effort level (-ol): High

Placer effort level (-pl): High

Placer cost table entry (-t): 1

Router effort level (-rl): Hig

6. TRABAJOS RELACIONADOS

Los motores paso a paso son actualmente muy utilizados en aplicaciones que requieren gran precisión en sus movimientos, estos motores son útiles en aplicaciones de robótica, domotica, etc.

El FPGA es una herramienta útil debido a su alta frecuencia de trabajo, capacidad de procesamiento en paralelo, arquitectura más completas y flexibles para el diseño de aplicaciones de alto desempeño.

Existen diversos trabajos que combinan la utilidad del FPGA con el motor paso a paso, a continuación describimos algunos de ellos:



1. El presente proyecto [6] realiza el control de un motor paso a paso unipolar utilizando el FPGA, el objetivo de este es que el motor realice diferentes secuencias de pasos para su giro, las secuencias que el motor realiza son: paso normal, five drive y medio paso.
2. En el presente trabajo [7] se mejoro el desempeño del torno Compact 5 mediante el diseño y la fabricación de una interfaz que permitió controlar desde un computador los motores paso a paso de los ejes longitudinal y transversal y la velocidad del husillo.
3. En este proyecto [8] mediante el uso de dispositivos de lógica programable, se ha conseguido implementar el control numérico computarizado para una fresadora de tres hojas. Se ha implementado un diseño en VHDL, modular y configurable que permite su uso en gran número de aplicaciones para todo aquello relacionado con trazado en dos dimensiones.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO-CA-9

7. CONCLUSIONES

El presente proyecto tuvo como objetivo el control del giro y velocidad de un motor paso a paso usando la tarjeta de desarrollo FPGA 3E Starter Kit Board operando a 50 MHz y código en VHDL, útil en aplicaciones de motores donde interese el posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad.

El sistema en general está compuesto de tres etapas: procesamiento, opto-acoplamiento y potencia.

La etapa de procesamiento consiste en el diseño e implementación de una máquina de estados la cual permitió lograr el control giro y el menú flexible de velocidades, esta etapa se implementó en la herramienta Xilinx ISE Design Suite 13.2.

El menú flexible de velocidades se realizó utilizando la técnica de PWM, por medio de un contador y multiplexor y para realizar el giro se cambiaron la secuencia de códigos de manera correcta.

La etapa de opto-acoplamiento sirve para separar la etapa de procesamiento y potencia para evitar que corrientes o tensiones altas lleguen al FPGA desde el motor.

La etapa de potencia se realizo mediante un CI LM293 para suministrar el voltaje necesario al motor paso a paso.



8. REFERENCIAS

1. Fernando-Pardo y José A-Boluda, "*VHDL: Lenguaje para síntesis y modelado de circuitos*" (Editorial: Mc Graw Hill), 252 páginas.
2. Wildi, Theodore, "*Maquinas eléctricas y sistemas de potencia*", 960 páginas, 2007.
3. Joan Oliver, Carles Ferrer, "*Diseño de sistemas digitales: introducción practica*", 143 páginas, 1998.
4. QT optoelectronics, 4N25 4N2 4N26 4N28, Hoja de especificación, QT optoelectronics.
5. SGS-THOMSON Microelectronics, L293B L293E, Hoja de especificación, SGS-THOMSON Microelectronics.
6. Dario Utrilla Salazar, *Diseño y simulación de un circuito integrado para el control de un motor pap, utilizando código VHDL*, Universidad nacional de ingeniería, 2006.
7. Diego Alejandro Ramírez Cardona, Luis Edwin Manso Caraballo, *Automatización de un torno paralelo, mediante un control numérico computarizado basado en PC*, Universidad Tecnológica de Perreira, 2011.
8. Alonso de Lara Rubio, *Diseño e implementación en FPGA del control numérico computarizado para fresadora de tres ejes: control manual e interpretación en coordenadas en dos dimensiones*, Universidad Rey Juan Carlos, 2011.



ENSAMBLE Y CARACTERIZACIÓN DE UN EQUIPO DE CONTROL DE FLUJO CON FINES DIDÁCTICOS

William Torres Hernández, Rosalío Farfán Martínez, Luz del Alba Cambrano Bravata

Universidad Tecnológica de Campeche, Carretera Federal 180 S/N, San Antonio Cárdenas, Carmen, Campeche, C.P. 24381, Tel: 01 938 38 16 700. México

williamtorreshernandez@hotmail.com, farfan678@hotmail.com, luzbra@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el ensamble y caracterización de un equipo de control de flujo, la descripción de los componentes empleados y la aplicación de una técnica clásica de control, así como la obtención de la función de transferencia representativa del equipo como primer paso, pues la finalidad que se persigue con esto es poder aplicar técnicas más avanzadas de control y demostrar su desempeño en tiempo real. Este equipo constituye una buena opción para la enseñanza del control de procesos a nivel superior.

ABSTRACT

In this paper, assembly and characterization of a flow control device, the description of the components used and the application of a classical control technique and obtaining the transfer function representing the team as a first step, for the intended purpose with this is to apply advanced control techniques and demonstrate its performance in real time. This equipment is a good choice for teaching process control level.

1 INTRODUCCIÓN

Las medidas de caudal tienen una gran importancia dentro de los procesos ya que se utilizan habitualmente para control del proceso y para medidas de contabilidad (facturación, importación/exportación de productos, etc.), por lo que la selección de la mejor tecnología tiene una gran implicación. Así por ejemplo, los caudalímetros se utilizan para contabilizar productos dentro de la propia planta, con el exterior, etc. En cuanto al control de procesos, la medición de caudal es imprescindible para poder realizar control automático, así como para optimizar rendimientos en las unidades de producción aplicando balances de materia, por esta causa los caudales deben medirse y controlarse cuidadosamente [1].

2 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES

2.1 Bomba centrífuga

La bomba que se emplea en este trabajo, es una bomba centrífuga de la marca Johnson modelo CM30P7-1 número de pieza 10-24503-04 trabaja con un voltaje de 24 V c.d. y proporciona un caudal aproximado de 5 l/min. En la figura 1 se observa la bomba centrífuga.



Figura 1. Bomba centrífuga.

2.2 Módulo regulador para motores de c.d.

Modulo regulador de motor PWM de la marca Kaleja modelo D-73553 es un convertidor cd-cd utilizado para controlar el voltaje aplicado a la bomba, puede ser utilizado en forma automática aplicando una señal de referencia entre 0 y 10 V c.d. Un módulo limitador de corriente es necesario para limitar la corriente proporcionada a la bomba en el arranque a un máximo de 2 A. En la figura 2 se aprecia el diagrama eléctrico de conexión del módulo limitador de corriente y el módulo regulador PWM.

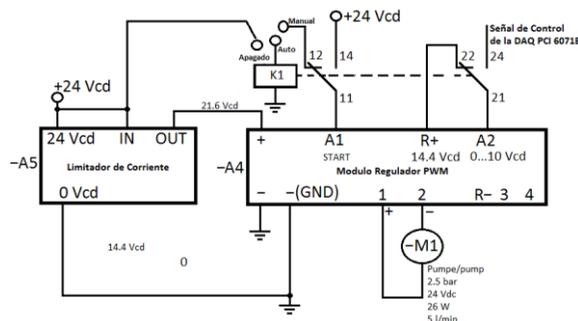


Figura 2. Diagrama eléctrico de conexión.

2.3 Sensor de caudal

Sensor de caudal marca IR-Opflow Tipo 2, cuenta con rotor y evaluación optoelectrónica (infrarrojo), es un medidor de flujo volumétrico. El rango de medición es de 0.3-9.0 l/min y la gama de frecuencias de salida de 40-1200 Hz y un factor K de 8000 impulsos/dm³.

El sensor de flujo tiene como señal de salida una frecuencia proporcional a la cantidad de litros por minutos por lo que es necesario emplear un convertidor de frecuencia a voltaje. En la figura 3 se muestra el sensor de caudal y su diagrama eléctrico. En la figura 4 se puede apreciar el convertidor de frecuencia a voltaje y su diagrama eléctrico.

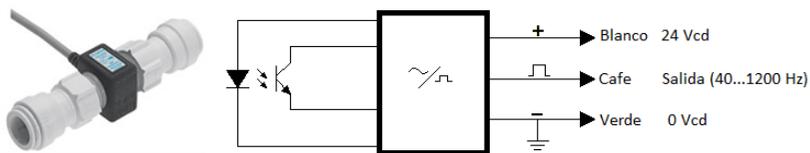


Figura 3. Sensor de caudal y diagrama eléctrico.

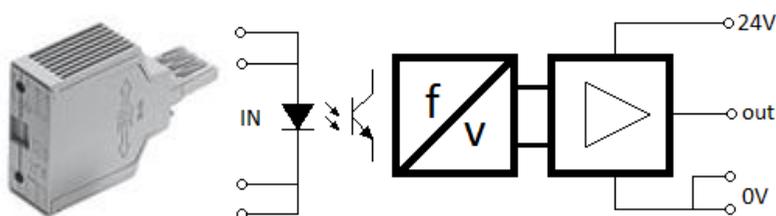


Figura 4. Convertidor de frecuencia a voltaje y diagrama eléctrico.

En la figura 5 se muestra el equipo ensamblado, el cual cuenta con un solo tanque en donde se recirculará el agua para tener un flujo continuo. De igual forma se anexa una válvula de paso manual para provocar perturbaciones en el sistema. El equipo es alimentado con una fuente de 24 V de c.d.



Figura 5. Equipo ensamblado.



2.4 DAQ PCI 6071E

La tarjeta de adquisición de datos que se emplea en este trabajo es la DAQ PCI-6071E de National Instruments Corporation. Cuenta con entradas analógicas, salidas analógicas, entradas/salidas digitales y entradas/salidas temporizadas. Se puede generar o adquirir señales digitales para comunicación y control. La máxima velocidad de muestreo de esta tarjeta es de 1.25 MS/s (millones de muestras por segundo) con las entradas analógicas en modo simple [2].

3 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA: CURVA DE REACCIÓN

Se pretende obtener una función de transferencia representativa de la planta, esto es obteniendo datos de la señal de salida con la tarjeta de adquisición de datos PCI 6071E de National Instruments y el empleo de Simulink y RTW de Matlab; el tiempo de muestreo empleado es de 0.001 segundo [3].

En la figura 6 se muestra el esquema creado que genera una señal de entrada a la bomba a través del módulo regulador PWM y permite obtener la señal del sensor de caudal en l/min, siendo esto una configuración en lazo abierto.

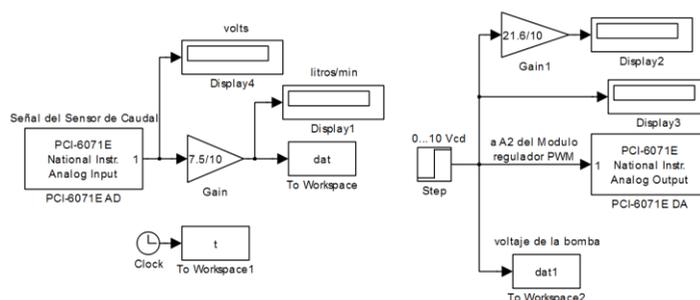


Figura 6. Esquema para obtener señales de entrada-salida.

En la figura 7 se muestra la gráfica de la señal del sensor de caudal cuando se le aplica una señal de voltaje de 10 V c.d. al módulo regulador de motor PWM.

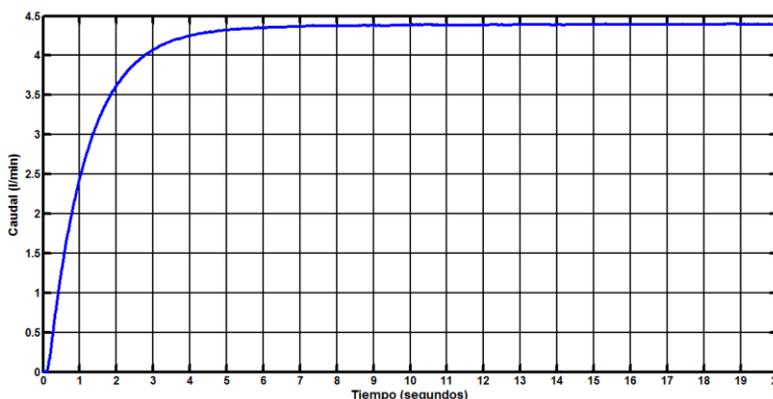


Figura 7. Señal del sensor en tiempo real.



El proceso a controlar corresponde a un sistema de primer orden cuya función de transferencia en lazo abierto tiene la siguiente forma:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \tag{1}$$

Donde K es la ganancia estática cuando se tiene un escalón unitario de entrada, L es el tiempo de retardo y T es la constante de tiempo.

Después de varias pruebas se determina la siguiente función de transferencia.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.441e^{-0.12s}}{1.254s+1} \tag{2}$$

En la figura 8 se muestra el modelo en simulink de la función de transferencia con la finalidad de compararla con la señal de la planta de control de flujo.

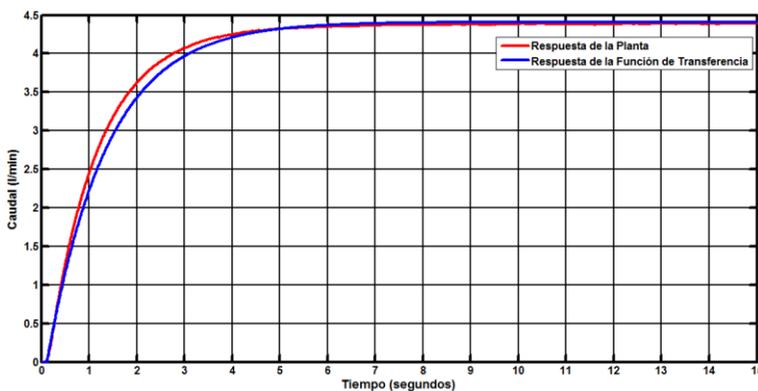


Figura 8. Comparación entre el modelo y la respuesta de la planta.

4 DISEÑO DEL CONTROLADOR PI

El método para el diseño del controlador es el de Ziegler-Nichols, se muestra en la tabla 1 [4].

Tabla I

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Tabla I. Reglas de sintonía



Con los valores de T y L que se obtuvieron en el paso anterior se aplican las formulas de la tabla 1 para calcular el controlador. Para este trabajo se aplica un PI que es el más apropiado según [5] para un sistema de control de flujo.

Realizando una sintonización fina se llega a los valores de $K_p=9$ y $T_i=0.81$ con lo que se obtiene un mejor desempeño en simulación, como se puede ver en la figura 9.

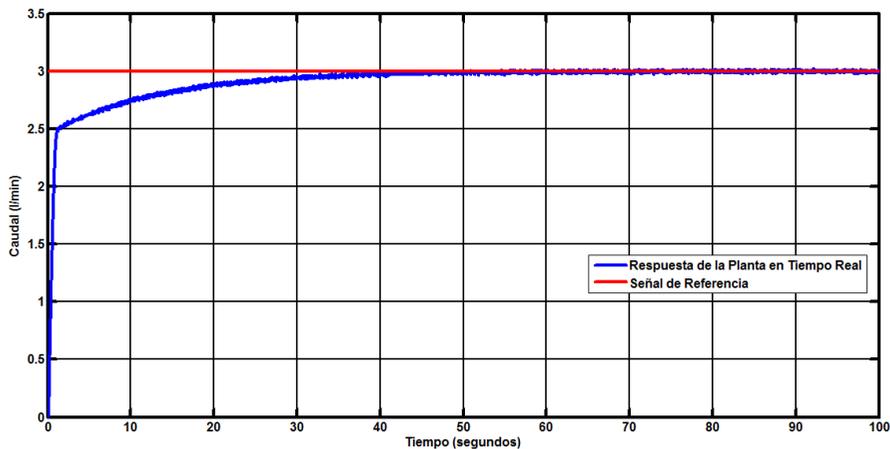


Figura 9. Seguimiento de la referencia en tiempo real.

En la figura 10 se puede apreciar el voltaje aplicado a la bomba o ley de control y en la figura 11 se observa el error de seguimiento.

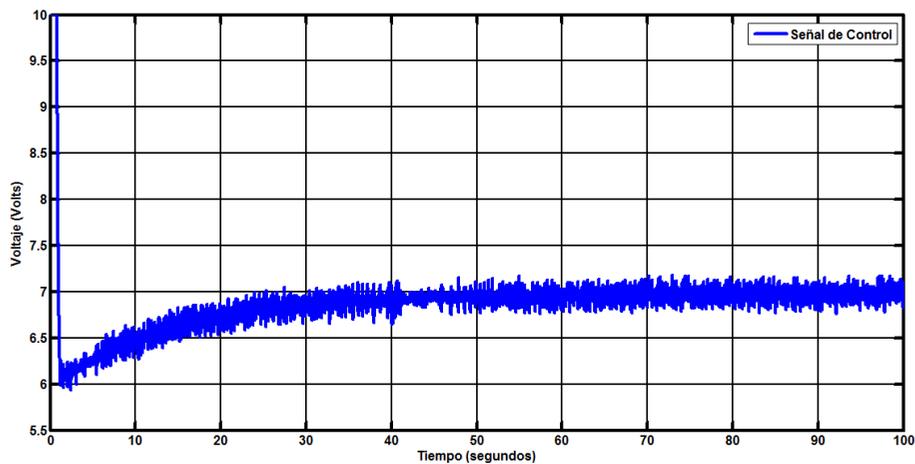


Figura 10. Ley de control.

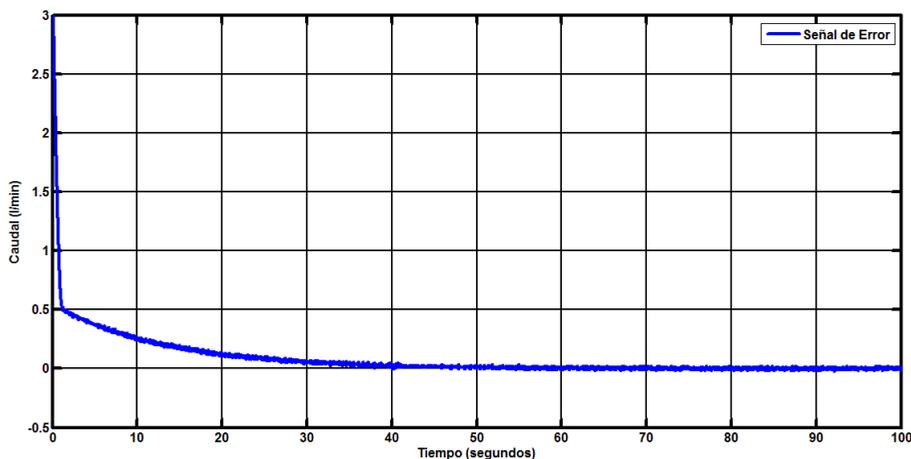


Figura 11. Error de seguimiento.

5 COMENTARIOS FINALES

5.1 Resumen de resultados

En este trabajo se ensambló y caracterizó un equipo de control de flujo con la finalidad de que pueda ser utilizado con fines didácticos o de investigación. Se describieron los componentes principales utilizados y se determinó la función de transferencia de dicho proceso empleando el método de la curva de reacción. Para demostrar la utilidad de este equipo se diseñó un controlador PI y se aplicó en tiempo real.

5.2 Conclusiones

Los resultados obtenidos con el controlador PI en tiempo real, sugieren que el equipo puede ser utilizado para el diseño de controladores empleando técnicas de control avanzadas; en lo académico, puede ser empleado para el estudio de controladores con un enfoque clásico. Al observar las gráficas de los resultados, se puede apreciar el buen desempeño del controlador y del equipo.

5.3 Recomendaciones

Como trabajo futuro se considera el diseño de controladores basados en redes neuronales, control adaptable y lógica difusa, con la finalidad de optimizar el desempeño del equipo y de las aplicaciones.



6 REFERENCIAS

- [1] Acevedo, S.J. Control Avanzado de Procesos. Ediciones Díaz de Santos, España, 2003.
- [2] Bolton, W. Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Alfaomega Grupo Editor. México, 2011.
- [3] Hernández, G.R. Introducción a los sistemas de Control: Conceptos, Aplicaciones y Simulación con Matlab. Pearson Education. México, 2010.
- [4] Ogata, K. (2003). Ingeniería de Control Moderna. Pearson Educación. 4ta. ed. Madrid, 2003.
- [5] Smith, C. A., Corripio, A. B. Control Automático de Procesos Teoría y Práctica. Limusa. México, 2010.



EQUIPO DE PRUEBA PORTÁTIL UTILIZANDO PROTOCOLO CAN

Francisco Javier Enríquez Aguilera, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Jesús Martín Silva Aceves,
Nydia Hernández González, Arnulfo Castro Vásquez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación
Av. Del Charro 450 Nte. Cd. Juárez Chihuahua, México
(656) 688-48-41
fenrique@uacj.mx, esifuent@uacj.mx, jesilva@uacj.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el diseño e implementación de un equipo de prueba automatizada, que utiliza el protocolo CAN (Controller Area Network), orientado a la automatización de pruebas de tableros automotrices. El proyecto fue llevado a cabo utilizando una pantalla táctil TFT (Thin-film transistor), un microcontrolador (MCU) PIC32MX795F512L y diversas interfaces de entrada salida, todo ello embebido en la tarjeta PIC-32-MAXI-WEB de OLIMEX. El documento expone la necesidad de una herramienta portátil que brinde soporte a ingenieros y técnicos que tienen la necesidad de manipular dispositivos que utilizan CAN como protocolo de comunicación.

ABSTRACT

This paper describes the implementation and design of an automotive test equipment, which uses the CAN (Controller Area Network) Protocol, test automation-oriented of automotive dashboards. The project was conducted using a touch screen TFT (Thin-film transistor), a microcontroller (MCU) PIC32MX795F512L and various input-output interfaces, all embedded in the card OLIMEX PIC-32-MAXI-WEB. The paper exposes the need for a handheld tool that provides support to engineers and technicians who need to manipulate devices that use CAN as communication protocol.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, la revolución tecnológica va orientada a dispositivos cuyo uso se realice de forma intuitiva (por ejemplo, la telefonía celular), a fin de que el usuario no deba preocuparse por tomar algún tipo de capacitación para aprender su funcionamiento. En particular las pruebas en el desarrollo de tableros automotrices, llamados también Clusters en los cuales convergen una variedad de instrumentos de medición, estas pruebas son de vital importancia para la validación del producto antes de pasar a otras etapas de prueba y/o diseño. Con este fin se han desarrollado diferentes protocolos de comunicación entre los tableros y la computadora automotriz principal, siendo CAN el que ha predominado con el transcurso del tiempo. CAN es un sistema de alta velocidad comunicado por dos cables; teóricamente CAN puede conectarse a 2032 dispositivos donde cada uno tiene un identificador diferente, sin embargo debido a limitaciones de hardware solo es posible conectar 110 nodos. Su capacidad de detectar errores lo vuelven más confiable para uso en ambientes con mucho ruido. En sus inicios había pocos transceptores de CAN, cada fabricante automotriz contaba con su propio protocolo de comunicación como nos relata U. Kiencke [1]. Sin embargo el entorno que finalmente propició la aceptación de CAN es descrita por Nicolas Navet a mediados de los 80's, los fabricantes de carros se enfrentaban a un incremento en el número de arneses y conectores, esto se debía a que la información debía ser transmitida de punto a punto creando lazos entre las Unidades de Control Electrónicas (ECU's por sus siglas en inglés), aunado al rápido incremento de intercambio de información entre los sistemas electrónicos que estaban gradualmente reemplazando aquellos que fueron puramente mecánicos o hidráulicos. Los fabricantes estaban en un punto donde los equipos electrónicos necesitaban estar interconectados a través de toda la superficie del vehículo. Estos problemas motivaron el uso de redes de comunicación multiplexadas tales como VAN (Vehicle Area Network) o CAN para interconectar ECU's como el controlador del motor, caja de transmisiones, unidad de control, etc. Las tecnologías de multiplexado y específicamente CAN despegaron rápidamente y ayudaron a mantener la complejidad del cableado bajo control y satisfacer la creciente demanda de transmisión de datos [2]. Hoy en día el alcance de CAN superó a la industria automotriz y ahora se



le puede encontrar en la agricultura, equipo médico, camiones de carga pesada entre otros. En aplicaciones automotrices los mensajes enviados por CAN son usados para comunicar diferentes estados de información, llamados “señales”, entre diferentes Unidades de Control Electrónico. Ejemplos de estas señales incluyen: velocidad, temperatura de agua y aceite, revoluciones por minuto (RPM) del motor, selección de la transmisión, posición del acelerador, indicaciones del panel de control, control del clima, posición de los vidrios en las ventanas, códigos de fallas, información de diagnóstico entre otros. La mayoría de estas señales tienen limitantes de tiempo asociadas, un ECU lee la posición del interruptor colocado en el pedal del freno, este ECU debe enviar un mensaje (señal) a la red CAN para informar que los frenos han sido aplicados. Así, el ECU responsable de las luces traseras recibe el mensaje, reconoce el cambio en el valor de la señal y activa las luces de freno. Todo esto a pocas décimas de milisegundo de que el pedal de freno fue presionado. Típicamente, el motor, la transmisión y control de estabilidad son los sistemas que tienen tiempos de respuesta más ajustados, los cuales pueden requerir de una respuesta cada 5 milisegundos [3]. Existe también la necesidad de manipular el producto durante su fase de desarrollo, esto puede ir desde encender el producto sólo para revisar que sea funcional, medir la intensidad luminosa de indicadores leds (Light-Emitting Diode por sus siglas en inglés), verificar que al remplazar algún componente la unidad continúe funcionando, el movimiento de un motor, etc. Actividades que en algunos casos requieren establecer comunicación mediante CAN, así mismo durante la etapa de diseño, los ingenieros de software en conjunto con los ingenieros de validación necesitan de herramientas que les permitan simular el comportamiento de los diferentes módulos con los que interactuará el producto. En muchos casos dichos módulos se encuentran también en etapa de diseño o dado su tamaño y/o costo es difícil proveer en esta etapa a los ingenieros de todos los módulos con los que se comunicará el producto.

En el artículo “*Developing and testing distributed CAN-based real-time control-systems using a single PC*”, se describe una técnica que permite desarrollar y probar sistemas embebidos basados en CAN. En general, la metodología descrita consiste en remplazar el hardware con su equivalencia simulada en una computadora, de esta forma los comportamientos complejos pueden ser estudiados sin necesidad del hardware [4]. La publicación realizada por J. Lepkowski y B. Wolfe, expone los problemas eléctricos que ocurren en el bus de CAN y se proponen algunas soluciones, permitiendo al lector reflexionar sobre la mejor elección de componentes y el ambiente de trabajo. Además, este artículo contiene información relevante para la implementación eléctrica de un circuito con CAN [5]. En el trabajo de Zhou, P. y Hou, L. del 2010, se describe el empleo del chip de Samsung s3c2440 y el controlador de CAN MCP2510 de microchip. Esta tablilla de desarrollo de Samsung funciona como interfaz de usuario para controlar el MCP2510, sin embargo no se describe a profundidad la forma en la que el usuario analiza los mensajes que envía y recibe, se enfoca más en el desarrollo del driver que permita utilizar el controlador de CAN [6]. En este escrito se describe el diseño e implementación de un prototipo de fácil manejo, con una interfaz gráfica táctil con la cual se puedan controlar la información de los mensajes empleados para la validación de un tablero automotriz. El protocolo de comunicación empleado es el CAN y el usuario no tendrá la necesidad de tener conocimiento especializado del protocolo, ya que la interfaz gráfica debe proveer la información necesaria para el manejo y control del mismo. Cabe mencionar de la existencia de sistemas que realizan funciones similares y extendidas que la de este proyecto en la misma empresa [7], pero requieren la utilización de una computadora ya sea de escritorio o portátil, por lo que este trabajo presentará la funcionalidad de portabilidad y fácil uso para pequeñas pruebas en específico.

2 METODOLOGÍA

El equipo de prueba estará conformado por un MCU y una pantalla táctil como elementos principales, dicha pantalla mostrará las indicaciones para controlar el Cluster. El usuario conectará el equipo de prueba al bus CAN y mediante la pantalla seleccionará los valores que desea se muestren en el Cluster, en la Figura 1 se muestra el diagrama del equipo de prueba.

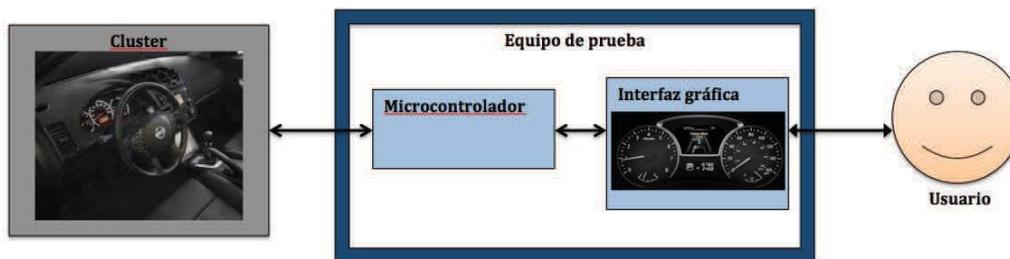


Figura 1. Diagrama de funcionamiento del equipo de prueba.

Para manejar el protocolo CAN es necesario conocer los mensajes que se van a utilizar durante la transmisión, así como sus parámetros de trabajo, estos van desde: periodicidad de la transmisión, longitud del mensaje, resolución empleada en cada uno de los datos enviados, tipo de mensaje: extendido o estándar, fuente y destino del mensaje, tipo de transmisión (Transport Protocol, BAM o simple), si es necesario un ACK o un NACK. Todos estos parámetros varían según el mensaje y el dispositivo en el que se van a emplear, para efectuar todo esto, se realiza una base de datos, esta base de datos se enlaza con programas que mediante interfaces vía PCMCIA o USB envían y reciben mensajes CAN. Uno de los dispositivos que utiliza CAN es el Cluster, el cual puede constar de indicadores análogos y/o digitales, que reflejan los rangos de trabajo de sensores comunes que hay en un vehículo automotor, estos abarcan desde sensores de temperatura de aceite y presión del motor, presión en los frenos, temperatura de anticongelante, valores almacenados en el odómetro, horas de trabajo, consumo de combustible por kilometro, nivel de gasolina, velocidad del motor, revoluciones por minuto, mensajes de alarma de líquidos y de subsistemas, por nombrar algunos; todos estos envían mensajes por CAN a otros dispositivos, indicando sus lecturas, fallas, y valores fuera de rango, es trabajo del clúster indicar al usuario el estatus de dichos sensores.

2.1 Diseño de la interfaz Gráfica

Para el diseño de la interfaz gráfica se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Interfaz de uso amigable
- Dos modos de uso: Básico y Avanzado
- Evitar el uso de tecnicismos propios del protocolo en CAN, estando la tablilla en su modo básico.
- Botones de acceso al usuario de tamaño adecuado para una mano adulta
- Colores amigables para personas con daltonismo
- Capacidad de regresar al menú inicial en todo momento

Dentro de las características detalladas (esto cuando son necesarias actividades detalladas)

- Capacidad de cambiar la dirección fuente de los mensajes
- Selección de valores específicos dentro del mensaje tales como:
 - Falla de sensor
 - Limite de mensaje
 - Valores específicos
- Acceso a modo de diagnostico
- Control de lámparas de diagnostico.

A continuación se describe el uso de cada una:

2.1.1 Interfaz de uso amigable

La interfaz gráfica debe ser lo más amigable posible para que el personal pueda utilizar el sistema sin necesidad de un alto conocimiento del protocolo CAN. Por ejemplo en la figura 2 se presenta una pantalla donde se muestra las opciones a controlar como son los manómetros de tacómetro,



el velocímetro, la temperatura y combustible. Con la interfaz se manipula el valor que se desea obtener en el Cluster y las agujas deberán mostrar el valor seleccionado.

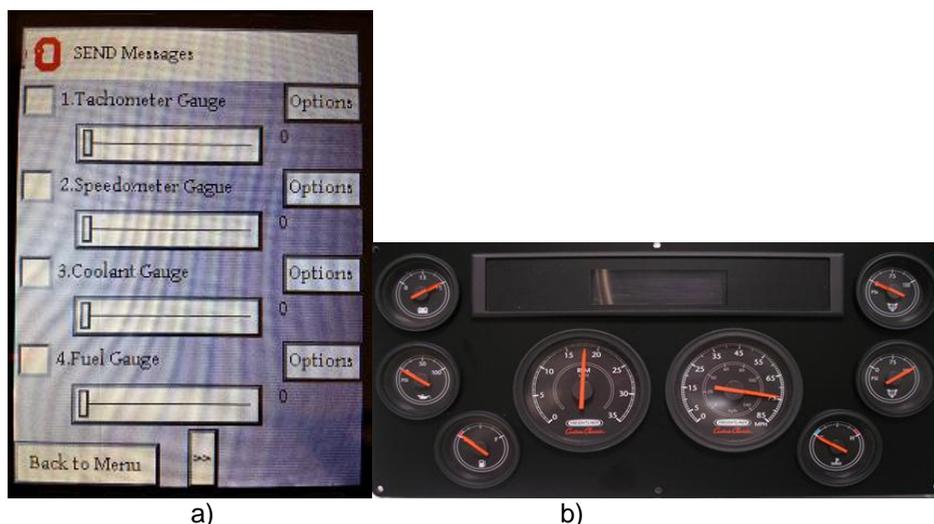


Figura 2. a) Ejemplo de una pantalla de interfaz y el b) Cluster físico automotriz

2.1.2 Dos modos de uso: Básico y Características especiales

A medida que se requieren hacer pruebas mas detalladas es importante ofrecer servicios que si bien no son considerados “básicos” son muy útiles al momento de diagnosticar algún comportamiento del producto.

Es por eso que se agregaron características especiales, dichas características incluyen como ya se menciono aspectos como:

- Capacidad de cambiar la dirección fuente de los mensajes
- Selección de valores específicos dentro del mensaje tales como:
 - Falla de sensor
 - Limite de mensaje
 - Valores específicos
- Acceso a modo de diagnostico
- Control de lámparas de diagnostico.

Dichas características no son elementales para llevar un control básico. Simplemente sirven de soporte para usuarios que lo necesiten. A continuación se describe el uso de cada una:

2.1.3 Capacidad de cambiar la dirección fuente de los mensajes

Debido a que el producto es configurable y el producto esta en etapa de desarrollo los usuarios pueden cambiar la dirección fuente (aunque esto no es muy común) de la que se espera recibir algún mensaje específico, es por eso que con esto permitimos determinar una nueva dirección para que no sea necesario volver a configurar la unidad.

2.1.4 Selección de valores específicos dentro del mensaje tales como:

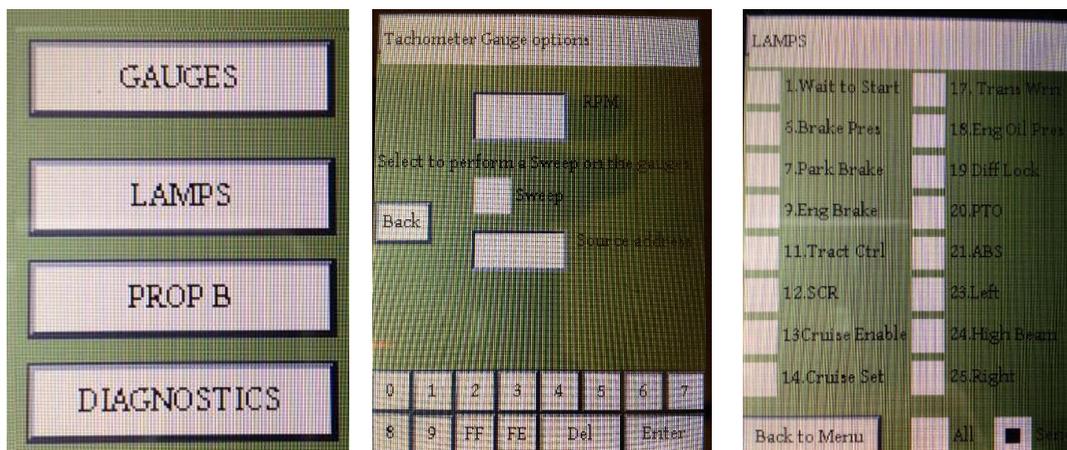
- Falla de sensor
- Limite de mensaje
- Valores específicos

Cuando se realiza un chequeo detallado del estado del motor a pasos que controla la posición de la aguja, se necesita estresar y llevar a sus valores gráficos máximos y mínimos, sin embargo ocasionalmente también es necesario llevarlo a valores como falla de sensor y límites de mensaje

- Acceso a modo de diagnostico
- Control de lámparas de diagnostico.



En la figura 3 se presentan ejemplos de interfaces de usuario mencionadas.



a)

b)

c)

Figura 3. Ejemplos de interfaces de usuario, a) Menú principal, b) Menú de manómetros y c) Menú de Lámparas.

2.2 Diagramas de Flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la inicialización de las pantallas, asimismo se hace hincapié en algunas variables las cuales marcan en gran medida el funcionamiento del código. El código fue dividido en librerías basadas en librerías Gráficas de Microchip, para ello es necesario inicializar determinadas tareas, esta inicialización conforma la parte 1 del diagrama inferior. Véase la Figura 4. Cada color corresponde un Menú seleccionado a través de la pantalla táctil.

La variable `screenState` marca la pauta para la creación de una nueva pantalla y la inicialización de valores (es decir, mantiene el estado previamente guardado una vez que la ventana fue previamente abierta). Esta variable permite que las imágenes solo sean creadas una vez, evitando con ello ciclos infinitos en el programa. Al variar el valor en `screenState` dentro del programa se habilitan funciones únicas para cada pantalla, dichas variaciones se muestran en el diagrama, las funciones que pertenecen a la misma pantalla están marcadas con el mismo color, por ejemplo el usuario al seleccionar la opción “Lamps” (el usuario entrara en la opción de Lámparas) la variable `screenState` obtiene el valor de “LAMPS” lo cual ejecuta la función “`Screen_Lamps()`” dicha función se describirá mas adelante, y posteriormente la variable `screenState` toma el valor de `DISPLAY_LAMPS` hasta que el usuario desee salir de la opción lámparas.

La función de creación de pantallas crea los widgets necesarios para que el usuario pueda realizar las tareas relacionadas a dicha pantalla. Cada pantalla disponible por el usuario cuenta con una función ‘Crear Pantalla’, dicha función se encarga de dibujar en pantalla los controles del usuario, estas funciones son activadas por el valor de `screenState` como se menciono anteriormente.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271

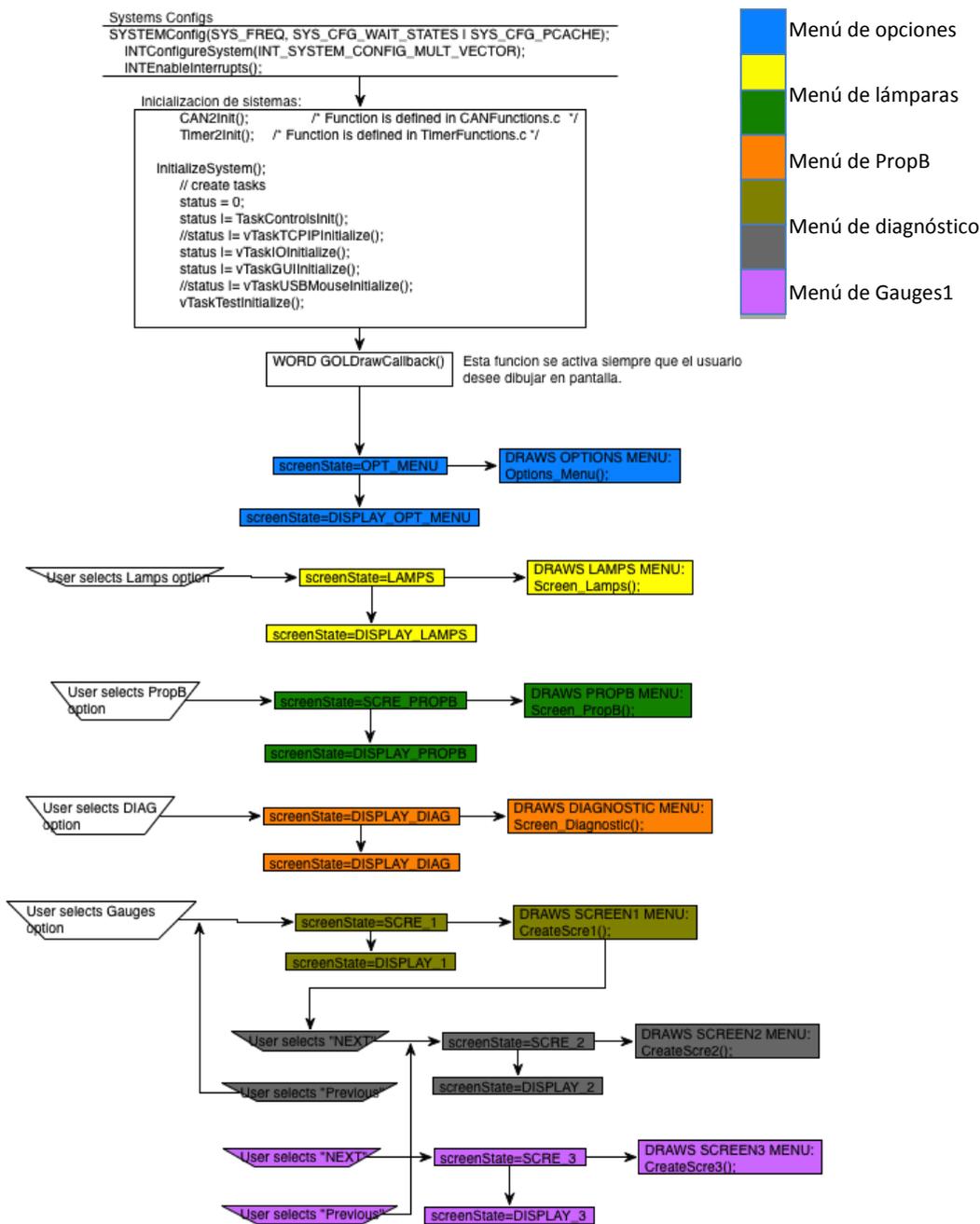


Figura 4. Diagrama de Inicialización de Pantallas.

Continuando con el ejemplo del menú de Lámparas, el usuario al seleccionar la opción “Lamps” la variable screenState obtiene el valor de “LAMPS” el cual ejecuta la función “Screen_Lamps()” dicha función internamente cuenta con el código necesario para dibujar los controles del usuario. La función Screen_Lamps(), solo se llama una vez, pues de lo contrario estaríamos redibujando el mismo control n cantidad de veces, impidiendo al usuario seleccionar una opción. Algunos nombres de funciones que crean pantallas son: Options_Menu(), Screen_Lamps(), Screen_PropB(), Screen_Diagnostic() y CreateScre1().

Para identificar la interacción con el usuario mediante la pantalla se utiliza la función GOLMsgCallback() dicha función arroja el identificador del widget que fue seleccionado por el



usuario, al compararlo con los “Translated messages” (son los valores que soporta cada widgets en la interfaz táctil) determinamos si el usuario: seleccionó o canceló un cuadro de marcado, presionó un botón, seleccionó un cuadro estático, o movió un deslizador, etc. Una vez que se conoce el cambio que le ocurrió al widget por acción del usuario se evalúa si fue una acción válida, de ser así se realizan las funciones determinadas para el control (widget), pueden ir desde enviar un mensaje por CAN, cambiar de pantalla, cambiar los valores del mensaje de CAN, cancelar una acción previa, limpiar un campo, entre otras. Cada una de estas funciones es particular y depende de la ventana seleccionada y las opciones programas para cada una de ellas.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de este flujo de información. Primera parte: el código ejecuta la función de crear la ventana de Lámparas. Segunda parte: Se crean los widgets (controles) de usuario. Tercera parte: el usuario tiene dos tipos de interacción dentro de esta ventana, seleccionar/deseleccionar una ventana y enviar mensaje. Cuarta parte: Cuando el usuario presiona la pantalla táctil la función GOLMsgCallback() es llamada. Quinta parte: Se evalúa si el cuadro de marcar fue seleccionado o deseleccionado, en ambos casos hay una función definida para ambos.

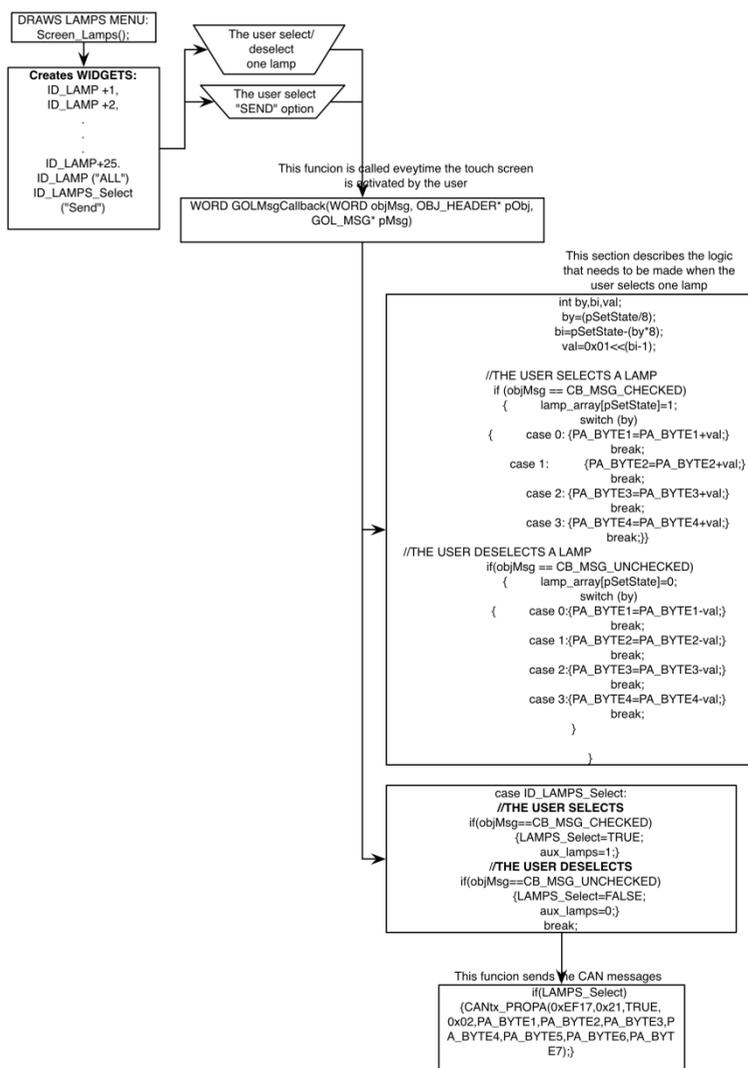


Figura 5. Diagrama de flujo de Lámparas.

Los envíos de mensajes CAN son la finalidad de este proyecto, a continuación se presenta parte del código encargado de facilitar dicha tarea. En cada una de las opciones de las ventanas hay controles que activan el envío de mensajes, en su mayoría están etiquetados con la palabra



“Send”, los otros controles hacer la labor de sumar o concatenar los datos del mensaje sin molestar al usuario con detalles como resolución del mensaje o selección de bits/bytes. Microchip cuenta con librerías CAN que son compatibles con todos sus productos que soporten dicho protocolo. De forma que se creó una función basada en la librería de Microchip para enviar los datos con el formato y a la velocidad requerida. Dicha función es llamada siempre que sea necesario enviar una trama de datos. Retomando el ejemplo anterior vemos el análisis que se realiza para enviar datos por CAN en la Figura siguiente. La primera parte del diagrama se encarga de sumar los valores de cada uno de los bytes cada vez que el usuario selecciona un cuadro (una lámpara), y de restar cada vez que el usuario lo cancela (o deselecta), si el usuario decide enviar el mensaje la función de CAN es enviada con sus 8 bytes de datos periódicamente a una velocidad de transmisión previamente definida.

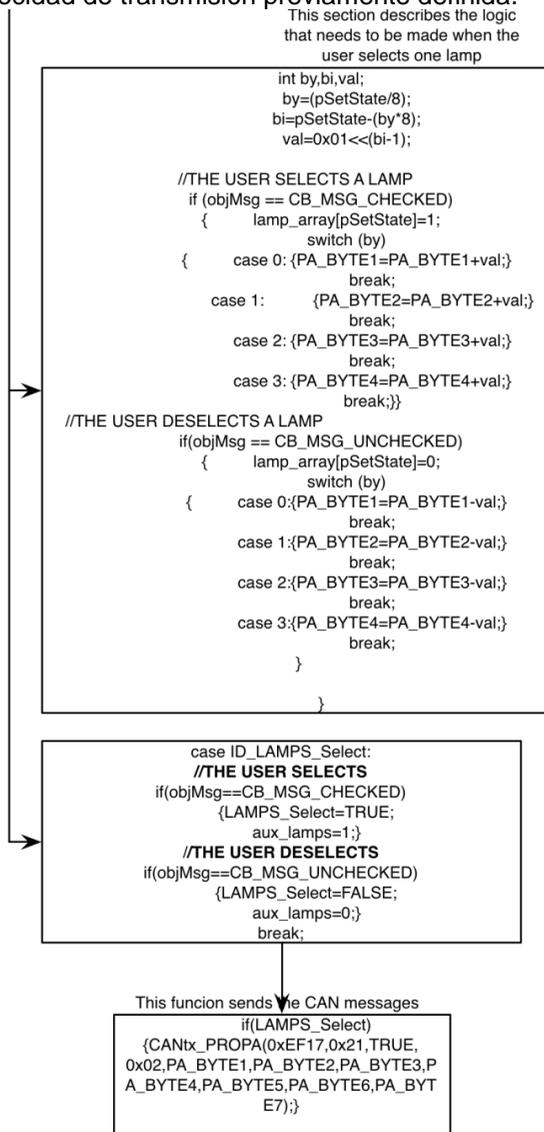


Figura 6. Código encargado de enviar mensajes CAN.



3 PRUEBAS

Durante el desarrollo del código se fueron probando cada uno de los módulos que se iban creando, permitiendo generar un código estable. Entre las pruebas realizadas intervinieron posibles usuarios futuros, que brindaron comentarios de la interfaz gráfica, en aspectos como: tamaño de los controles y posición del mismo. Para verificar que los mensajes transmitidos fueran correctos se utilizó la herramienta Value CAN, la cual consta de un software que permite analizar el tráfico de datos en un sistema de bus serial, y su interfaz USB-CAN. Posteriormente se realizó la prueba con el Cluster seleccionado. A continuación se da una breve descripción de las pruebas realizadas.

3.1 Verificación del último estado de los widgets

Una vez que se navega entre las pantallas el usuario selecciona controles y determina valores, mismos que deben continuar la próxima vez que se regrese a dicha pantalla, es por eso que se verifico que todos los widgets seleccionados fuesen capaces de almacenar el estado anterior determinado por el usuario, ya que cada vez que son redibujados vuelven a su valor de inicial.

3.2 Sobre posición de widgets y etiquetas.

Una vez que se crean los widgets es necesario revisar que no se superpongan las etiquetas ya que pueden tener las mismas coordenadas.

3.3 Definición del canal de CAN correcto

La tablilla de desarrollo cuenta con dos puertos CAN sin embargo el puerto CAN1 es utilizado para el controlador de la pantalla.

3.4 Correcto direccionamiento de botones

Cada botón fue verificado que direccionada a la ventana adecuada o en su defecto enviara/activara valores para los que fue diseñado, cada widget tiene asignado un numero de identificador, con lo cual el programa realiza la lógica de los procesos.

3.5 Resolución de mensajes.

Cada mensaje enviado por CAN fue verificado con la base de datos de CANalyzer.

3.6 Definición del enmascaramiento de CAN

La forma en la que Microchip envía el mensaje de CAN es separando el mensaje a transmitir en 4 palabras: CMSGSID, CMSGEID, CMSGDATA0.

3.7 Verificación de corrimientos.

Una vez que el usuario eligió la opción "Sweep" en la pantalla el valor del mensaje se ve incrementado en N cantidad (dependiendo del tipo de mensaje es el incremento) cuando llega a su limite se verifico que comenzara un decremento de la variable y que no continuara con la cuenta, o en su defecto que la función llegase a ciclarse.

3.8 "Overflow" o desbordamiento de variables por corrimientos

Muy relacionado con el punto anterior, se verifico que los incrementos no superaran sus limites definidos y que hubiera "overflow" en sus variables.

5 RESULTADOS

Los elementos empleados (figura 7), para la construcción del dispositivo fueron:

- Programador/debugger: Pickit 3
- Tablilla PIC32-MAXI-WEB de OLIMEX
- Software: MPLAB 8.6 con compilador para PIC32 de microchip.
- Value CAN

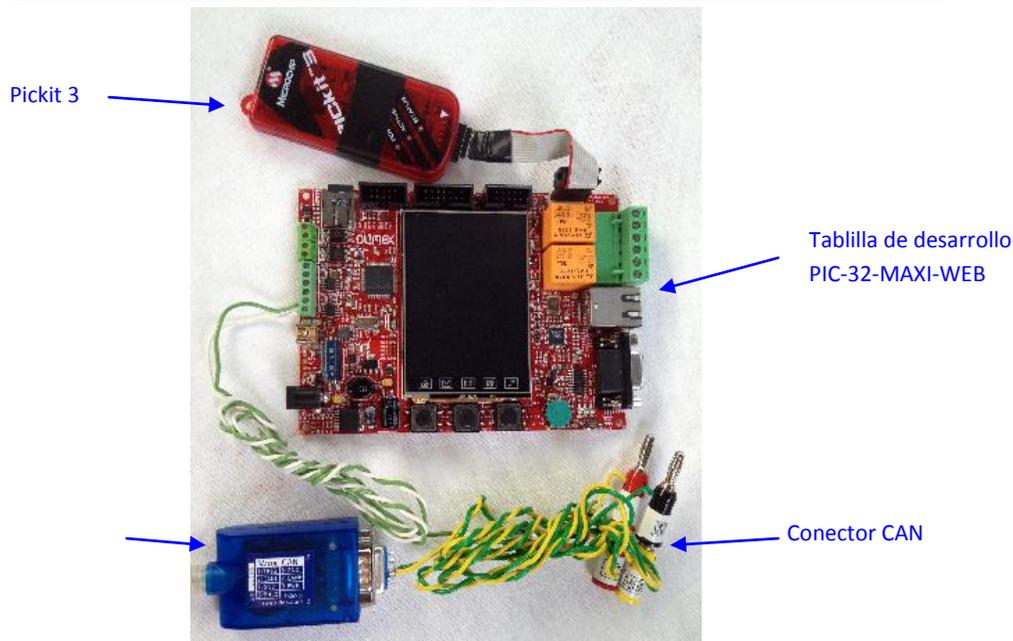
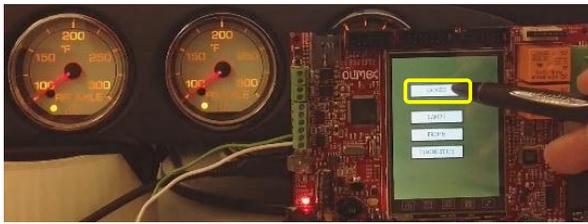


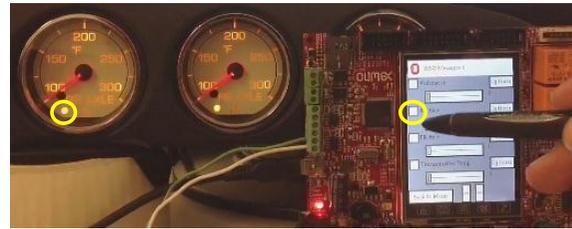
Figura 7. Elementos del equipo de prueba.

Después de implementar los algoritmos anteriormente descritos y de haber realizado las pruebas pertinentes, las cuales se describieron en el apartado anterior, en la figura 8 se presentan ejemplos del control realizado al tablero automotriz utilizando el dispositivo programado. A continuación se da una explicación de cada figura:

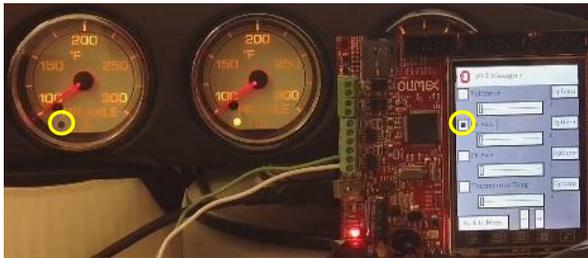
- A) Se aprecia parte del tablero, con sus respectivos indicadores, la tablilla de desarrollo utilizada en este proyecto y se seleccionará la opción *GAUGES* que es la primer opción en la pantalla, resaltada en el recuadro amarillo.
- B) Una vez dentro del menú *GAUGES*, se selecciona el recuadro de *RR AXLE*, con la finalidad de apagar el indicador luminoso respectivo, encerrados en los círculos amarillos.
- C) En esta imagen se muestra como el indicador luminoso se apagó (resaltado con el círculo amarillo), atendiendo la instrucción implementada en la imagen anterior.
- D) Aquí se muestra como el indicador luminoso del *FR AXLE* se apagó al haber seleccionado el recuadro con el mismo nombre, además se oprimirá el botón *OPTIONS*, para entrar a las opciones del indicador *FR AXLE*.
- E) Se seleccionará la opción *SWEEP* en esta imagen, la cual tiene la función de realizar un barrido completo en la aguja del indicador *FR AXLE*.
- F) En esta ocasión la imagen presenta el movimiento que realizó la aguja del indicador *FR AXLE*, atendiendo la instrucción *SWEEP*, seleccionada en la imagen anterior.
- G) Previamente se seleccionó un valor al control del indicador *RR AXLE* y en esta imagen se muestra el recorrido que realizó la aguja (indicado en recuadros verdes), de igual manera el indicador *FR AXLE* se encuentra en movimiento por la instrucción que se le dio y se nota que continua con el barrido en la aguja.
- H) Por último se exhibe en esta imagen como el indicador *FR AXLE* va de regreso en el barrido que se le indico hiciera previamente y el *RR AXLE* mantiene su posición ya que el control no ha recibido un dato nuevo



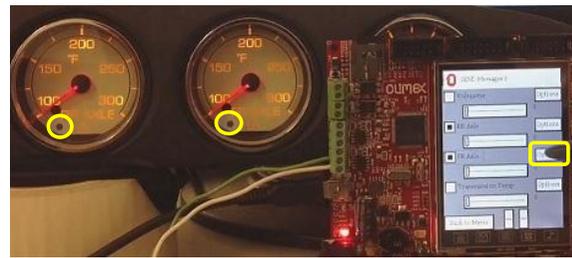
(A)



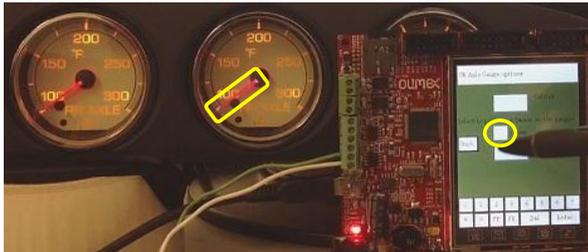
(B)



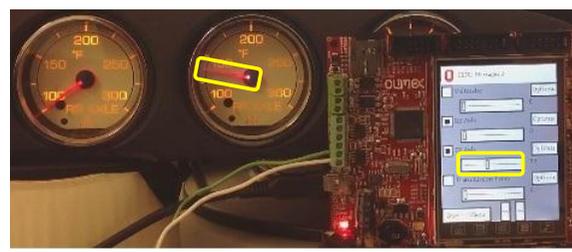
(C)



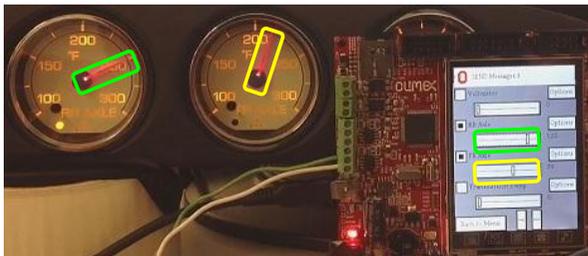
(D)



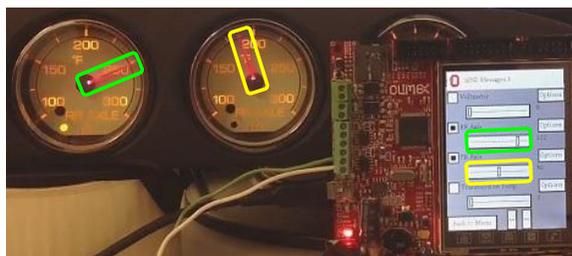
(E)



(F)



(G)



(H)

Figura 8. Imágenes de prueba al sistema.



6

CONCLUSIONES

A pesar de que las ventanas se asemejan en apariencia, internamente cuentan con una lógica de programación única entre ellas. La creación de pantallas fue de las primeras secciones elaboradas, y también de las últimas en terminarse. Las librerías de temporizadores [8], widgets [9] y la de hojas de especificaciones del MCU [10], ayudaron en la implementación del código. El uso de la tablilla de desarrollo facilitó en gran medida el trabajo de programación ya que permite una atención mas completa en el diseño del software, así mismo el uso de librerías hechas por el fabricante del MCU permite desarrollar un proyecto sin empezar de cero. Microchip ofrece herramientas muy poderosas para el manejo de CAN, para emplearlas solo es necesario configurar la velocidad a la que se desea trabajar y seleccionar el canal, en el caso de este proyecto solo fue posible usar el canal 2, debido a que el canal 1 estaba ocupado para controlar la pantalla. En la página de Microchip, se ofrecen muchos códigos de ejemplo de entre los cuales se eligieron algunos para usarlos como base de programación. Se logró el desarrollo de un sistema portátil para la realización de pruebas a un tipo de tablero automotriz, pero el sistema puede ser adaptado fácilmente a otros productos como trabajo futuro.

REFERENCIAS

1. U. Kiencke, S. Dais, and M. Litschel. Automotive serial controller area network, In SAE International Congress No. 860391, Detroit, MI, 1986.
2. Realtime-at-work, N. N. I., & Peugeot-citroën, H. P. P. S. A. (2012). CAN in Automotive Applications?: A Look Forward, 1-6.
3. Johansson, K. H. ((2005)). "Vehicle applications of controller area network." (Vols. 741-765). Handbook of networked and embedded control systems.
4. Anders Möller, P. Å. (2005). Developing and testing distributed CAN-based real-time control- systems using a single PC. Roma, Italy: Tenth International CAN Conference.
5. Lepkowski, J., & Wolfe., B. (2005). *EMI / ESD protection solutions for the CAN bus*. Wire. ON Semiconductor.
6. Zhou, P. &. (2010). Implementation of CAN bus device driver design Base on Embedded System. *International Conference on Information Science and Engineering* (págs. 1252 - 1255). Hangzhou, China: ICISE.
7. Alberto Flores, Paulina Sánchez, "Equipo de prueba eléctrica para la validación de un panel de instrumentación", Tesis, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2006.
8. Microchip Technology PIC32 Manual "Section 14.Timers" Advance Information, DS39704A (2006).
9. Tamayo, Paolo., et al. "How to use widgets in Microchip Graphics Library.DS01136A(2007).
10. Microchip Technology "PIC32MX5XX/6XX/7XX Family Data Sheet", DS61156G (2009-2001)



IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DIFUSO DE UNA CELDA TERMOELÉCTRICA

Juan Fernando García Mejía, Laura Colín Rivas, José Antonio García Mejía
Centro Universitario UAEMex Atlacomulco
Carretera Toluca Atlacomulco km 60, Atlacomulco de Fabela Estado de México, CP 54450
Teléfono 017121220446
fgarciam@uaemex.mx; lau_cr_ico@hotmail.com; jagm1000@live.com;

RESUMEN

Las celdas Peltier o enfriadores termoelectricos (Thermoelectric Cooler, TEC, por sus siglas en inglés), se utilizan en diversas aplicaciones en la electrónica, la microelectrónica, la aviación, microprocesadores y aplicaciones de refrigeración. En comparación de otros sistemas de refrigeración, los TEC son de estado sólido confiables y silenciosos, se usan cuando se requiere un control de temperatura estable. En base a lo anterior, en este trabajo, se propone diseñar un regulador de la temperatura de enfriamiento de una TEC por medio de un sistema de múltiples entradas y una salida (MISO, por sus siglas en inglés) donde la ley de control (salida) se exprese en términos de la temperatura ambiente y el error, es decir la diferencia de la salida con respecto a una referencia determinada (set point).

Palabras claves: Celda termoelectrónica, lógica difusa, Mamdani

ABSTRAC

Cells Peltier or thermoelectric coolers (Thermoelectric Cooler, TEC, for its acronym in English), is used in various applications in electronics, microelectronics, aviation, microprocessors and refrigeration applications. Compared to other cooling systems, the TECs are solid state reliable and silent, are used when you want a stable temperature control. Based on the above, in this paper, we propose to design a temperature regulator of a TEC cooling through a system of multiple inputs and one output (MISO, for its acronym in English) where the control law (exit) is expressed in terms of the temperature and the error, i.e. the difference of the output with respect to a given reference (set point).

Keywords: Thermoelectric Cell, fuzzy logic, Mamdani

1.-INTRODUCCIÓN

La teoría de control tiene como propósito controlar fenómenos físicos tales como la temperatura, para este propósito específico existen dispositivos que se utilizan como generadores del efecto de enfriamiento (calentamiento) se denominan TEC (Thermoelectrics Coolers) que funcionan mediante la aplicación de una corriente a una placa que está constituida por medio de un material semiconductor (figura 1). Mientras que una cara enfría, la otra calienta, lo cual se puede revertir mediante un cambio de polaridad del voltaje aplicado a la celda. Las aplicaciones de los TEC se encuentran en micro refrigeración, refrigeradores móviles, las ventajas y tecnología son: (Tarter, 1993)



- Que respeten el medio ambiente - no clorofluorocarbonos o cualquier otro material que requiere la reposición periódica
- No hay partes móviles
- Tienen un funcionamiento de larga duración: 100.000 - 200.000 horas
- No tienen ninguna dependencia de la posición
- Pequeños

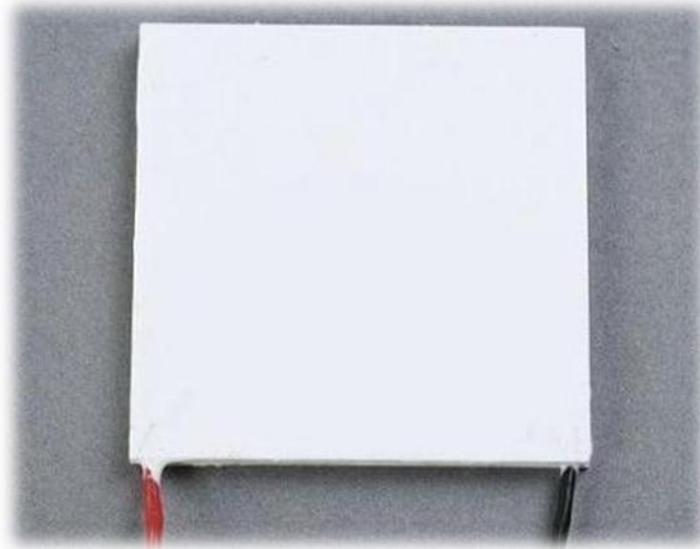


Figura 1 Celda termoeléctrica

Algunos trabajos, como (Samsuddin, 2011) muestran el enfriamiento de un diodo de avalancha mediante una TEC, controlada para alcanzar una referencia dada mediante un controlador proporcional difuso de algoritmo de Takagi-Sugeno del tipo SISO (Single Input, Single Output), el cual es simulado en simulink a partir de un modelo matemático linealizado en función de la temperatura y corriente de consumo, consiguiendo la estabilización del mismo a $-19.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 35.91 segundos.

Otra alternativa de control en de las TEC es por medio de controladores Proporcionales-Integrales-Derivativos difusos (PID Fuzzy) en (Zang, 2009) se estudia el fenómeno de calentamiento utilizando para esto un modelo matemático linealizado similar al empleado en (Samsuddin, 2011), utilizando simulink para simular un sistema de control difuso de algoritmo de Mamdani del tipo MIMO (Multiple Input Multiple Output), el cual tiene como entradas la diferencia entre el punto de referencia y la salida de la celda (esto es denominado error), así como la velocidad de cambio de este. Las salidas son 3 valores que constituyen las ganancias proporcional integral derivativa. El resultado de esto es un sistema con un rápido establecimiento en calentamiento.

El modelo matemático empleado en (Samsuddin, 2011), (Zang, 2009) presenta como principal problema que solo funciona para una referencia predeterminada, así como para ciertas condiciones iniciales, con esta finalidad se continua la línea de trabajo de los controladores PID, combinándolos con redes neuronales artificiales (Shaojing, 2010) , de forma más específica se propone el uso de un esquema basado en una red neuronal de 3 capas con funciones de activación de basa radial (RBF, por sus siglas en inglés) tanto como para la implementación del controlador como para la de un observador, siguiendo un esquema similar al de usado por el control por variables de estado. En este desarrollo se utiliza un cuantificador difuso, el cual tiene



como función normalizar las salidas del observador mediante el uso de funciones sigmoideas. Teniendo un tiempo de establecimiento para una referencia de -20 grados en 60 segundos.

Una alternativa a la dificultad de modelado de una TEC, se encuentra en el uso de un circuito equivalente formado por fuentes dependientes (Wey 2006) el mayor inconveniente de este modelo es la no reversibilidad, es decir el modelo propuesto permite encontrar una respuesta equivalente de temperatura a una determinada entrada, pero no permite realizar la operación inversa, utilizando como técnica de control un controlador del tipo PID, cuyas constantes son calculadas mediante el criterio de estabilidad de Nichols, obteniendo un tiempo de establecimiento de 50 segundos para una referencia de 25 grados y una temperatura ambiente inicial de 10 °C.

En (Aly, 2006) se controla una TEC mediante un modelo matemático que hace uso de la potencia de disipación de la misma, utilizando un controlador difuso de algoritmo de Mamdani del tipo SISO, con funciones de pertenencia del tipo gaussiana, con lo cual se busca reducir la velocidad de respuesta en los cambios de temperatura.

En (Li, 2010) se simula un radiador para un nanosatelite en el cual uno de sus componentes es una celda TEC la cual es controlada por medio de un algoritmo de Mamdani del tipo MIMO donde las entradas son las temperaturas tanto ambiente como la de la cara fría y las salidas son salidas de corriente, esto tiene como finalidad controlar el calor generado.

En (Cong, 2010), (Yu, 2010) se retoman las ideas de (Aly, 2006) implementando su algoritmo propuesto en un procesador digital de señal, utilizando como etapa de potencia un mosfet, logrando un tiempo de establecimiento de 200 segundos con una temperatura inicial de 16 grados con una referencia de 25 grados.

2.-Modelo de una celda termoeléctrica

El funcionamiento de una TEC está representado por medio de una expresión matemática descrita en la ecuación 1

$$\hat{T}_L(s) = G_1(s)I(s) + G_Q(s)\hat{Q}_L(s) + G_\alpha(s)\hat{T}_\alpha(s) \quad (1)$$

Donde

$G_1(s), G_Q(s), \hat{Q}_L(s), G_\alpha(s)$ Son representadas mediante las ecuaciones 2, 3, 4 respectivamente y $\hat{T}_L(s)$ temperatura de enfriamiento e $I(s)$ representa la corriente de alimentación

$$G_1(s) = \frac{N(s)}{sD(s)} \quad (2)$$

$$G_Q(s) = \frac{E_H \sinh(qL) + Akq \cosh(qL)}{D(s)} \quad (3)$$

$$G_\alpha(s) = \frac{AA_F h k q}{D(s)} \quad (4)$$

Mientras que $N(s), D(s), p(s), q(s), E_H$ se caracterizan por las ecuaciones 5, 6, 7, 8,9 respectivamente

$$N(s) = \{Akq [\alpha_L \bar{T}_L \cosh(qL) - \alpha_H \bar{T}_H] + \alpha_L \bar{T}_L E_H \sinh(qL)\}s + \frac{Akq\beta}{C_Y} [E_H (1 - \cosh(pL)) - Akp \sinh(pL)] \quad (5)$$



$$D(s) = Akq E_L \cosh(qL) + E_H E_L \sinh(qL) + Akq E_H \cosh(pL) + A^2 k^2 p q \sinh(pL) \quad (6)$$

$$p(s) = \frac{\left(\frac{\tau \bar{I}}{A} + \sqrt{\frac{\tau^2 \bar{I}^2}{A^2} + 4kC\gamma s}\right)}{2k} \quad (7)$$

$$q(s) = \frac{\left(\frac{\tau \bar{I}}{A} - \sqrt{\frac{\tau^2 \bar{I}^2}{A^2} + 4kC\gamma s}\right)}{2k} \quad (8)$$

$$E_H(s) = (M_F C_F + M_H C_H)s + hA_F - (\tau + \alpha_H)\bar{I} \quad (9)$$

Por último, E_L se determina por medio de la ecuación 10 y asume el valor de la ecuación 11 en α_H

$$E_H(s) = (M_L C_L + M_C C_C)s + (\tau + \alpha_H)\bar{I} \quad (10)$$

$$\alpha_{pn}(T) = \alpha_H + \frac{\tau}{\bar{T}_H} \bar{T}_H \quad (11)$$

El modelo matemático se reduce a la expresión mostrada en 12 dado que se considera a la temperatura ambiente como constante. Al aplicar constantes especificadas en [6], se obtiene 13, cuya respuesta a una entrada de 1.55 ampers se muestra en la figura 2, el tiempo de establecimiento, es decir donde no se presentan cambios en el eje del tiempo t , es alrededor de 325 segundos, en un valor de -9.9°C en el eje y , que representa la temperatura de enfriamiento de la TEC

$$\bar{T}_L(s) = G_T(s)\bar{I}(s) \quad (12)$$

$$G(s) = -6.4061 \left(\frac{0.064s + 0.00854}{s^2 + 0.5964s + 0.00855} \right) \quad (13)$$

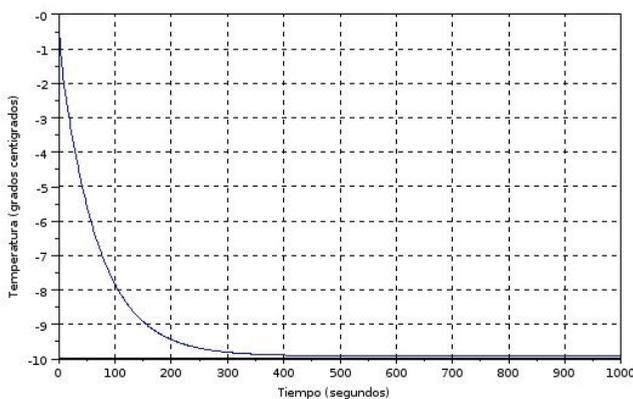


Figura 2 Tiempo de establecimiento en la TEC

Las ecuaciones representativas del comportamiento dinámico de TEC pueden representarse en términos de variables de estado como lo muestran las expresiones:



$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.2532661 & 0.1994504 \\ 0.3928504 & -0.3431339 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.4702854 \\ 0.4973669 \end{bmatrix} [ref \ 0] + \begin{bmatrix} 0.8799636 \\ 5.551D - 17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}$$

La tabla 1 muestra la nomenclatura de las literales de las ecuaciones expuestas anteriormente

Literal	Significado
$\bar{T}_L(s)$	temperatura de la cara de enfriamiento
$I(s)$	corriente de alimentación
$\bar{T}_a(s)$	temperatura ambiente
L	longitud de elementos termoeléctricos
A	total de área transversal del material termoeléctrico
k	conductividad termoeléctrica del par p-n ($W m^{-1} K^{-1}$)
h	calor de convección, coeficiente de transferencia del disparador térmico $W m^{-2} K^{-10}$
γ	densidad de calor del material termoeléctrico ($kg m^3$)
A_F	superficie total de transferencia de calor
M_F	masa del disparador térmico
C_F	capacidad térmica del disparador térmico ($kJ kg^{-1} K^{-1}$)
M_H	masa de la placa caliente final del módulo termoeléctrico
C_H	capacidad calorífica de la placa del calentamiento del módulo termoeléctrico ($kJ kg^{-1} K^{-1}$)
τ	Coeficiente de Thompson ($V K^{-1}$)
\bar{I}	corriente promedio de alimentación
M_L	masa del disparador térmico de refrigeración de carga
C_L	capacidad calorífica de refrigeración de carga del intercambiador de calor
M_C	masa de enfriamiento de la placa del módulo termoeléctrico
C_C	capacidad calorífica de la placa del enfriamiento del módulo termoeléctrico ($kJ kg^{-1} K^{-1}$)
s	variable compleja

Tabla 1 Literales de las ecuaciones que describen el comportamiento de una TEC

3.-Desarrollo

Como se mencionó en la sección 2 el propósito de un sistema de control es modificar el comportamiento dinámico de un determinado fenómeno, esto puede lograrse mediante diversos esquemas, en este trabajo se implementa un controlador difuso para la temperatura de enfriamiento de una celda termoeléctrica como se muestra en la figura 3

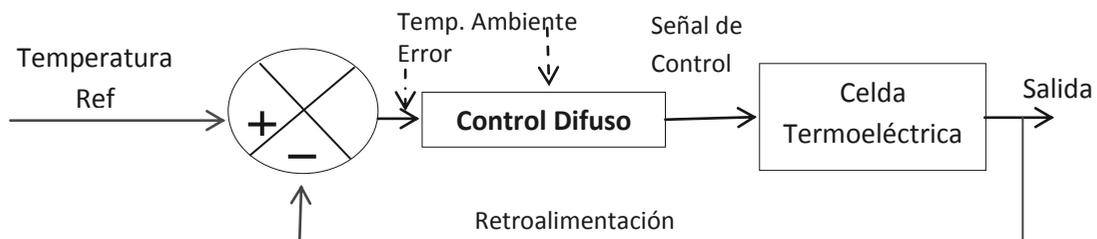


Figura 3 Control de enfriamiento Mamdani



El algoritmo de control difuso propuesto para esta tesis es el de Mamdani dado permite representar de manera simple conocimiento empírico.

Cabe destacar que la simulación presente en este trabajo de tesis fue realizada en Scilab, el cual es un software de licencia GPL y se constituye como una alternativa a IDE's tales como Matlab, Math Cad, Maple, Mathematica.

3.1 Implementación de Fuzzificadores

Como se explicó en secciones anteriores un elemento *sine qua non* es el fuzzificador, que puede implementarse con el uso de funciones de pertenencia y conjuntos difusos. Para el desarrollo que se documenta en este escrito se usaron funciones trapezoidales y triangulares, esto por su facilidad de codificación, en las figuras 4 y 5 se representan respectivamente los fuzzificadores para las variables de entrada *error* y *temperatura* ambiente. El conjunto difuso de salida se muestra en la figura 6 y representa la corriente que alimenta a la celda termoeléctrica según lo expuesto en la sección 2

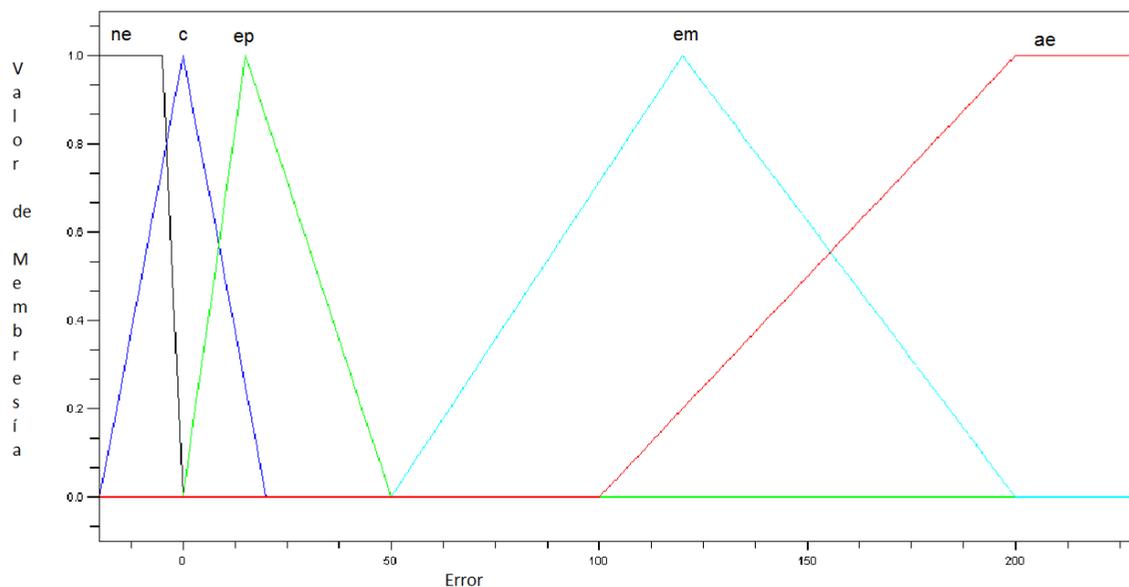


Figura 4 Conjunto difuso de error

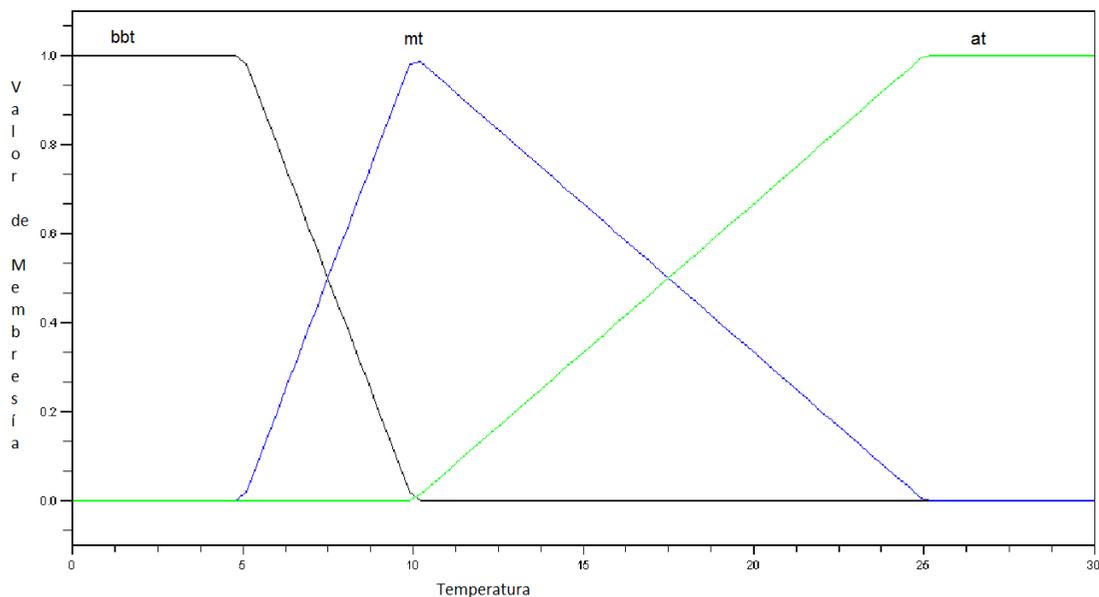


Figura 5 Conjunto difuso de temperatura:

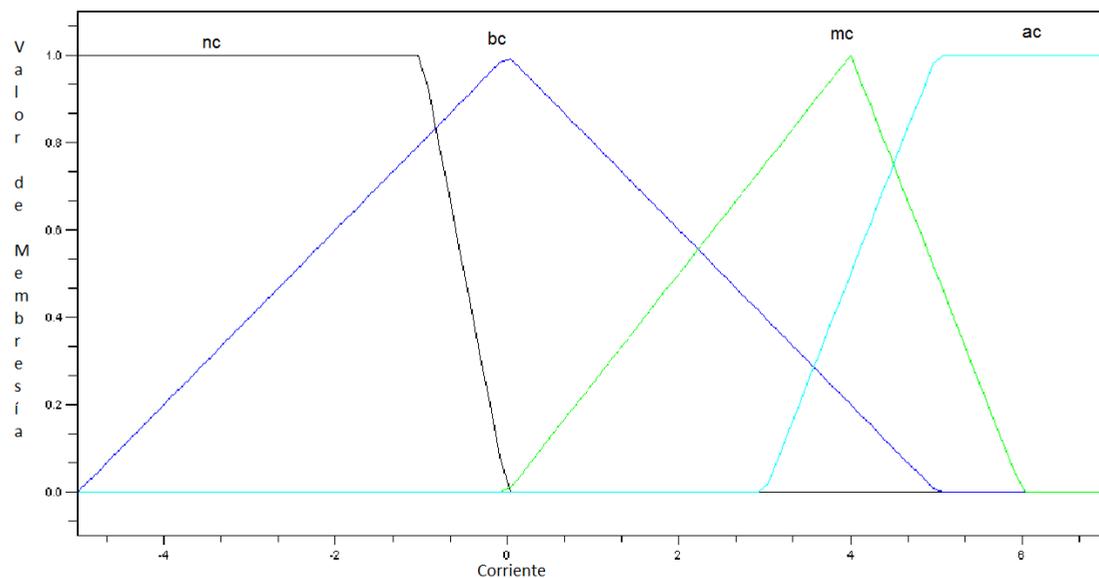


Figura 6 Conjunto difuso de corriente

Como se muestra en la figura 4 el universo de discurso de la variable de entrada *error* tiene un rango de [-5:200] las variables lingüísticas que se asumen en el conjunto difuso se listan con su significado en la tabla 2. En la figura 5 se muestra que el rango del universo de discurso correspondiente a la variable de entrada *temperatura ambiente* tiene un rango de [0:25] cuyas variables lingüísticas y su significado se muestran en la tabla 3



Variable lingüística	Significado
Ne	Error negativo
C	Error bajo
Ep	Error bajo pequeño
Em	Error medio
Ae	Error alto

Tabla 2 Variables lingüísticas de la entrada *error*

Variable lingüística	Significado
Bbt	Temperatura baja
Mt	Temperatura media
At	Temperatura alta

Tabla 3 Variables lingüísticas de la entrada *temperatura ambiente*

El conjunto difuso que representa a la variable de salida *corriente* tiene un rango en su universo de discurso de [-1.6:1] cuyas variables lingüísticas se listan en la tabla 4

Variable lingüística	Significado
Nc	Corriente negativa
Bc	Corriente baja
Mc	Corriente media
Ac	Corriente alta

Tabla 4 Variables lingüísticas de la salida *corriente*

3.2 Base de conocimiento e inferencia

Para desarrollar el controlador de temperatura propuesto se usó el algoritmo de Mamdani esto permite expresar el conocimiento empírico que se tiene sobre un determinado problema, para esto es necesario el uso de varias de ellas, con lo cual, al agruparse, se forma una base de conocimiento, la cual es susceptible de representarse como una tabla denominada memoria asociativa difusa (FAM, por sus siglas en inglés) que indica la consecuencia de cada regla definida para cada combinación de dos entradas.

Las FAM permiten realizar una representación clara de las relaciones entre dos variables lingüísticas de entrada y la variable lingüística de salida, pero requiere que se indique explícitamente todas las reglas que se pueden formar con estas dos variables de entrada. La tabla 5 muestra la FAM que se desarrolló para el controlador de temperatura que se planteó, cabe destacar que las literales que se emplearon en la tabla representativa de la FAM, fueron definidas en la sección 3.1.

Temperatura	Error				
	ne	c	Ep	em	ae
bbt	nc	bc	Nc	mc	mc
mt	nc	bc	Mc	mc	ac
at	nc	bc	Bc	ac	ac

Tabla 5 Memoria Asociativa Difusa del controlador difuso propuesto



3.3 Defuzzificación y Agregación

En general, hay 5 tipos de defuzzificación los cuales son: el máximo más pequeño, la media del máximo, bisectriz de área, centro de área, el máximo más grande.

Se efectúa luego de haber realizado la evaluación correspondiente a las reglas difusas. En este apartado se utiliza la defuzzificación mediante el máximo más pequeño obteniendo la siguiente codificación.

4.-Resultados

El resultado de la fuzzificación, la inferencia y la defuzzificación a una temperatura ambiente de 10 grados y una referencia de -5 grados centígrados se obtiene el resultado que se muestra en la figura 7 y la tabla 6

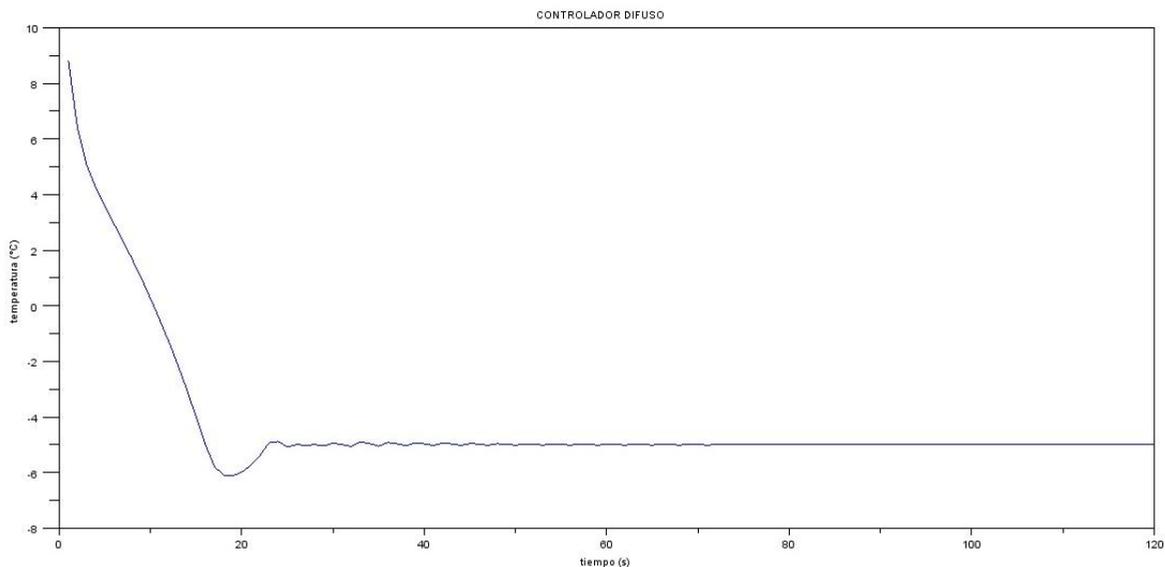


Figura 5 Salida de control propuesto

Tiempo de establecimiento (s)	Valor de impulso (°c)	Valor final	Error cuadrático medio
74	-6.1136781	4.99923	2.3557262

Tabla 6 valores del control propuesto

5.-Conclusiones

Se observa que la celda termoeléctrica tiene un tiempo de establecimiento menor en relación a su función en lazo abierto las oscilaciones que presenta la respuesta de la figura 5 en este momento se trabaja en la implementación de este controlador en una tarjeta de desarrollo Arduino, también se propone el uso de un controlador tipo Takagi-Sugeno, esto último con la finalidad de eliminar las oscilaciones presentes en esta técnica



Referencias

- (Aly, 2006) Aly, A., El.Lail (2006) Fuzzy Temperature Control of A Thermoelectric Cooler IEEE International Conference on Industrial Technology
- (Cong, 2010) Cong M., Xu W. (2010) Design of temperature controller for laser diode based on DSP and Fuzzy-PID control. International Conference on Electrical and Control Engineering
- (Li, 2010) Li Y.Z., Lee M.K., (2010) Analysis and Control of Equivalent Physical Simulator for Nanosatellite Space Radiator IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, VOL. 15, NO. 1
- (Samsuddin, 2011) Samsuddin, N.I., Hasbullah, N.F. Fuzzy (2011) Logic Based Temperature Control of Thermoelectric Cooler (TEC) for Single Photon Avalanche Diode (SPAD) 4th International Conference On Mechatronics
- (Shaojing, 2010) Shaojing S. (2010) Temperature Control of Thermoelectric cooler Based on Adaptive ve NN-PID International Conference on Electrical and Control Engineering
- (Wey 2006) Wey T. (2006) Modeling of a Closed-Loop Pump Laser Temperature Control Unit, Including Nonlinear Electronics Controller, and Thermoelectric Cooler and Mechanical Assembly IEEE ISIE 2006
- (Yu, 2010) Yu H., (2010) DSP-based High-power Semiconductor Laser Fully Digital Temperature Control System. 2nd International Conference on Information Science and Engineering (ICISE)
- (Zang, 2009) Zang H.Q., Li Qian (2009) The Automatic Temperature System With Fuzzy Self-adaptive PID Control In Semiconductor Laser Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics



Implementación del Algoritmo Bresenham en un Intérprete de Código G

Jesús M Silva Aceves, Francisco J. Enríquez Aguilera, Ernesto Sifuentes de la Hoya, Uriel Gaytan Chávez, Jorge A. Pérez Venzor.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)

jesilva@uacj.mx, fenrique@uacj.mx, esifuent@uacj.mx, al86689@uacj.mx, jorperez@uacj.mx

Resumen

El control numérico computarizado (CNC) es una tecnología que tiene por objeto generar, analizar y ejecutar acciones secuenciales que describen el comportamiento de una herramienta de corte dada. En este trabajo se presenta el desarrollo de un intérprete de código G, el cual permite controlar el movimiento de dos motores paso a paso. Para la interpolación lineal y circular se utiliza el algoritmo Bresenham.

1. Introducción

Hoy día una gran cantidad de procesos de manufactura cuenta con máquinas de control numérico computarizado. Estas máquinas son capaces de mover la herramienta de corte al mismo tiempo en sus tres ejes para generar trayectorias tridimensionales. A diferencia de las máquinas convencionales se pueden realizar círculos, líneas diagonales y figuras complejas. La primera patente reportada data desde 1958 [1] en donde los circuitos eléctricos censaban la información almacenada en tarjetas perforadas y de acuerdo con la información suministrada se generaban los diferentes movimientos de los ejes de la máquina. Hoy en día los sistemas de CNC no solo se encuentran en la industria metalmeccánica están hasta en la restauración dental utilizando fresado con laser [2].

Sin embargo en México se tiene la limitante de depender de tecnología extranjera, esto se ve reflejado en los costos de adquisición y mantenimiento. Otro factor muy importante es la obsolescencia de los equipos existentes ya que la mayoría trabajan en base al estándar ISO 6983. En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) se esta trabajando en el de desarrollo tecnológico de sistemas de control numérico en donde se busca modificar máquinas convencionales del laboratorio del manufactura del Instituto de Ingeniería.

El presente trabajo presenta el desarrollo de un interprete de código G para el control de la velocidad de avance y profundidad de corte de un torno. Las manivelas del torno se van a cambiar por motores paso a paso. El programa se realizó en MPLAB con el compilador HITECH y se simuló en Proteus. Se utilizó un microcontrolador PIC16F877. El programa se dividió

- a) Captura de las instrucciones del programa a través de comunicación serial
- b) Interpretación de los comandos en código G
- c) Interpolación lineal que nos permite el movimiento sincronizado de los dos motores para la generación de una trayectoria lineal.
- d) Interpolación circular se implementó aplicando el algoritmo Bresenham[3]. En los sistemas de control numérico [4] se utilizan algoritmos de interpolación con funciones seno y coseno



2. Algoritmo Bresenham

El algoritmo Bresenham es un algoritmo utilizado para dibujar líneas rectas en los dispositivos de gráficos, por ejemplo un monitor de computadora, en el cual se determina que pixeles se rellenarán en función del ángulo de la recta a dibujar.

Este algoritmo es muy preciso para la generación de líneas, ya que mediante operaciones lógicas se selecciona la opción más viable a trazar y también se puede utilizar en el dibujo de circunferencias y curvas.

Se parte de que las coordenadas de los pixeles en una imagen son coordenadas enteras, y se conocen los extremos del segmento que forma la línea (X_0, Y_0) y (X_1, Y_1) .

El algoritmo de Bresenham, utiliza la ecuación 1 que selecciona el entero "y" correspondiente al pixel central que está más cercano, el cual es calculado con fracciones y lo mismo para la coordenada "x". En las columnas sucesivas, la coordenada "y" puede permanecer con el mismo valor, o incrementarse en cada paso una unidad.

La ecuación general de la línea que pasa por los extremos conocidos es

$$\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (1)$$

Puesto que conocemos la columna, 'x', la fila 'y' del pixel se calcula redondeando esta cantidad al entero más cercano según la fórmula 2.

$$y = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) + y_0 \quad (2)$$

La pendiente depende sólo de las coordenadas de los extremos y puede ser previamente calculada. El valor ideal de "y" para los sucesivos valores enteros de "x", se puede calcular a partir de y_0 e ir añadiendo en varias ocasiones la pendiente.

2.1 Algoritmo Bresenham para círculos

Por definición, un círculo es el conjunto de todos los puntos que equidistan de un punto central. La distancia a ese punto central tiene por nombre radio, como la definición lo dice, el radio siempre es constante en todos los puntos que conforman al círculo, por tal motivo, la ecuación 3 describe la circunferencia.

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (3)$$

El algoritmo Bresenham es aplicado a círculos utilizando un margen de error, constantemente este algoritmo analiza y selecciona la mejor decisión, para así mantener la figura lo mas semejante posible a la ideal. El error más cercano a cero será el que se elija, este análisis se realizará antes de iluminar cualquier pixel. Las siguientes ecuaciones analizan el margen de error:

$$error = r^2 - ((x+1)^2 + y^2) \quad (4)$$



$$\text{error}_1 = r^2 - ((x+1)^2 + (y+1)^2)$$

(5)

En la ecuación 4 la constante “ r ” es el valor del radio del arco, la variable “ x ” la abscisa de la posición actual y la variable “ y ” la ordenada actual de nuestro plano. La ecuación 5 contiene a la variable “ X_1 ”, la cual representa a “ $X+1$ ”, ésta se analiza, debido a que se dará el caso en donde “ X_1 ” será más viable que “ X ” para mantener el margen de error más cercano a cero.

3. Desarrollo

El algoritmo Bresenham es implementado como base para realizar un intérprete de código G capaz de realizar los códigos G01, G02 y G03. Con un microcontrolador 16F877A se controla todo el sistema. El sistema es capaz de realizar la interpretación de código G, los cálculos matemáticos para el control de dos motores bipolares y la interfaz hombre-máquina.

El intérprete funciona como traductor, debido a que el usuario introduce las coordenadas de la figura a realizar en código G. Después, el intérprete captura los datos obtenidos y los manipula para realizar un análisis de la figura en cuestión, y selecciona entre interpolación lineal o circular.

Los datos obtenidos son manipulados matemáticamente, para generar el movimiento preferente en los motores bipolares con el fin de que el movimiento sea de la manera más ideal posible. El movimiento en los motores paso a paso es controlado por tiempos independientes de acción, tiempos que son analizados tras cada paso que cada motor realiza.

3.1 intérprete

El intérprete es el encargado de tomar las instrucciones dadas mediante la interfaz, y a partir de éstas tomar las decisiones de acuerdo a lo solicitado y se encuentra inmerso en una serie de condiciones, las cuales abarcan todo el contenido de interacciones posibles que se pueden lograr dentro del programa.

El intérprete utiliza movimientos de interpolación lineal y circular, utilizando sentido horario y anti-horario para el desplazamiento circular, debido a ésto, se antepone como prioridad el diferenciar estos movimientos (lineal y circular). Si se selecciona la opción 01 (la opción de interpolación lineal), las banderas de las opciones 02 y 03 se invalidan, de la misma forma al seleccionar la opción 02 se invalidan las opciones 01 y 03.

Se utilizan variables del tipo bit para la referencia del carácter que haya sido ingresado. Como prefijo se debe presionar la tecla “G” y después los números correspondientes a la instrucción deseada. El programa almacena los caracteres ingresados en un arreglo que es comparado y analizado en tiempo real, logrando hacer más fácil su ejecución. Por ejemplo, si se ingresan los caracteres “G” y “0”, el programa ya tiene previsto que va a ordenar una instrucción de movimiento.

El programa cuenta con la función de retroceso, la cual puede en cualquier momento borrar el carácter previamente ingresado en el programa, esto, siempre y cuando no esté en ejecución el programa (en proceso de trazado).



El programa cuenta con instrucciones al inicio y se puede acceder a ellas simplemente ingresando el carácter "Z". Estas instrucciones explican la manera adecuada de ingresar los datos al programa.

Para iniciar la ejecución del trazado se presiona la tecla "Enter": En esta parte, las banderas auxiliares ("G01", "G02", "G03") son analizadas y se guarda la que haya sido seleccionada y posteriormente todas las variables se igualan a cero y procede la ejecución de la subrutina de comando correspondiente.

A continuación se representa el código de las funciones principales del intérprete:

Retroceso, borrar cualquier carácter no deseado.

Esta función es la encargada de borrar el carácter que con anterioridad fue ingresado en el vector de datos, además regresa un paso en el vector para permitir nuevamente escribir en esa posición.

```
case 0x08:  
if(dato == 0x08) { i--; USART("\b");break; }
```

Instrucciones.

Esta sección se encarga de desplegar explícitamente las instrucciones del programa, al mismo tiempo reinicia todas las variables igualándolas a cero .

```
case 'z':  
memset(inpbuf,0,8);  
i,uno,G,cero,dos,tres = 0;  
cuenta = 0;  
dato = 0  
Setup();  
break;
```

Inicio.

Esta parte da inicio a la secuencia de trazado y transfiere todos los datos interpretados a la parte de control dentro del programa. Para dar inicio a esta sección se tiene que presionar la tecla "Enter".

```
case 0x0d :  
if(uno==1) {uno,G,dos,tres,cero=0,cuenta= 1;  
USART(ready2);  
comando1();  
memset(inpbuf,0,8);  
i = 0; cuenta= 0; sentido = 0; modo = 0;  
USART(ready);  
break;}  
if(dos==1) {uno,G,dos,tres,cero=0;  
USART(ready1);  
comando();  
memset(inpbuf,0,8);  
i = 0; cuenta= 0; sentido = 0; modo = 0;  
USART(ready);  
break; }  
if(tres==1) {uno,G,dos,tres,cero=0;
```



```
USART(ready1);  
comando();  
memset(inpbuf,0,8);  
i = 0; cuenta= 0; sentido = 1;modo = 0;  
USART(ready);  
break;;
```

break;

3.2 Trazo de una línea recta.

El análisis de la línea recta parte de la ecuación 1. Las variables ingresadas por el usuario son los pasos en "X" y los pasos en "Y". La variable a controlar es la pendiente, ésta ayuda a dar inclinación a la recta, y proporciona una pauta en los motores para determinar su tiempo de acción.

El análisis se dividió en tres secciones y las posibles situaciones que se contemplaron son:

- El valor deseado de "Y" es mayor al valor deseado de "X".
- El valor deseado de "X" es mayor al valor deseado de "Y".
- Los valores de "X" y "Y" son iguales.

Si el valor deseado de "Y" es mayor al valor deseado de "X" se realiza la ecuación 6, que a continuación se presenta:

$$f = y / x$$

(6)

Se debe mencionar que no se tomarán en cuenta valores fraccionarios, debido a la poca memoria del microcontrolador, por tal motivo se espera que el valor de "f" sea entero, y este número entero se utilizará para la diferencia de tiempo en la acción de los motores, para así lograr completar la figura deseada.

Si el valor deseado de "X" es mayor al valor deseado de "Y", se tiene que realizar la siguiente ecuación:

$$y = g / x \quad (7)$$

Utilizando el mismo principio se utilizará el valor entero de "G" para generar un desfase en el tiempo de la acción de los motores y poder generar la figura deseada. Si los valores de "X" y "Y" son iguales, se inicializan $f = 1$ y $g = 1$.

De ésta manera, se tendrá un desfase de tiempo nulo y se podrá realizar una recta con valor de pendiente igual a uno. A continuación se representa la sección de código destinada al trazado de línea recta utilizando las ecuaciones 1 y 2:

```
if(pasos<r){           // Si Y es mayor a X  
  
    d=r;              // r= número de pasos a moverse en el eje X  
  
    f=r/pasos;        //pasos= número de pasos a moverse en el eje y  
  
    g=1}
```



```
m=g;
k=f;
if(pasos>r){           // Si X es mayor a Y
    d=pasos;
    f=1;
    g=pasos/r;}
m=g;
k=f;
if(pasos==r){        // Si Y es igual a X
    d=r;
    f=1;
    g=1;
    m=g;
    k=f;}
```

3.3 Control de motores en interpolación lineal.

En el control de los motores paso a paso es necesario interactuar con sus dos bobinas para lograr un movimiento uniforme, por tal motivo se utiliza un vector auxiliar para la sintonización adecuada de cada bobina, como se muestra en el ejemplo siguiente, el cual utiliza un vector para cada motor, para así poder cumplir con el ciclo del movimiento normal.

```
const char F[] = {0x38,0x32,0x34,0x31};
const char H[] = {0x34,0x32,0x38,0x31};
```

La pendiente se utiliza como variable de tiempo durante todo el proceso, ésta se calcula como se ha mostrado y se aplica al tiempo de respuesta de los motores con ayuda del vector auxiliar correspondiente a cada motor. A continuación se muestra la etapa del control de salida de los motores:

```
if(segun==g){if (j>3)j=0;
    PORTB=F[j++];
    X++;
    USART(" X=");
    sprintf(buf,"%d",X);
    USART(buf);
    USART(" Y=");
```



```
sprintf(buf,"%d",++y);
--y;
USART(buf);
g=g+m;
v=v+2;

}
if(segun==f){if (x>3)x=0;
PORTA=Q[x++];
y++;
f=f+k;
}
```

3.4 Trazo de un arco.

El análisis de un arco parte de la ecuación 3 del círculo, el radio es constante en todos los puntos que conforman el círculo. Es a partir de esa afirmación que se puede generar un análisis de control y anticipar los puntos del círculo.

El algoritmo Bresenham se utiliza para poder realizar los cálculos de los puntos "X" y "Y". El algoritmo es aplicado dada la situación de que se está utilizando un microcontrolador, y en este no es factible el uso de punto flotante, por eso se utilizan números enteros y es donde el algoritmo Bresenham es de gran utilidad, ya que como se muestra en la figura 1 es aplicado para graficar en pixeles.

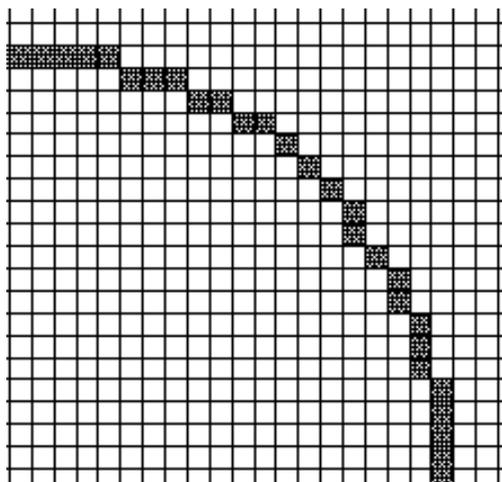


Figura 1 Círculo por algoritmo Bresenham

A continuación se muestran en la tabla 1 las variables que interactúan en esta parte del programa. La variable "S" se utiliza cuando la ordenada no sufre cambio alguno, es decir, si el motor "Y" no tiene ningún cambio. La variable "Z" se utiliza para visualizar el error y si la ordenada avanza un solo paso. La variable "O" visualiza el resultado y si el motor "Y" avanza más de un paso, es decir, se analiza cuántos pasos serán necesarios para acercarse al error ideal, un error de cero. El valor de la variable "O" solo indica una diferencia de cero, los pasos necesarios para lograrlo serán expresados en la variable "W", esto se ha realizado por fines prácticos.



No	Variable	Descripción
1	X	Posición en X
2	Y	Posición en Y
3	S	Error de Posición en Y
4	Z	Error posición actual
5	W	Error posición si Y incrementa uno.
6	O	Error posición si Y incrementa mas de uno
7	G	Número de paso en Y cuando Y aumenta mas de uno
8	B	Radio

Tabla 1. Variables de interpolación circular.

A continuación, el algoritmo Bresenham aplicado en el programa:

```
if(segun==0){a=0; // El análisis es siempre que el tiempo es 0
s=abs(((x*x)+(y*y)-(b*b))); // Compara utilizando las ecuaciones 4 y 5.
z=abs((b*b)-((x*x)+((y-1)*(y-1))));
if(z<=s){
o=abs((b*b)-((x*x)+((y-2)*(y-2)))); // Analiza si es necesario dar mas pasos
a=1;
if(o<=z){ // ¿ se necesitan mas pasos ?
while(o<z){ // ¿ Cuántos pasos mas?
a++;
y--;
z=abs((b*b)-((x*x)+((y-1)*(y-1))));
o=abs((b*b)-((x*x)+((y-2)*(y-2))));

}y=y+a-1;
}
}
}
if(s<z && a==0){w=1; // Solo un paso necesario
g=0; }

if(z<s && a==1){w=1; //No se necesita un paso
g=1; }

if(a>1){ // Mas de un paso es necesario
if(g==1 && segun==0)g=0;
w=a;
g++;
}
```

Es necesario contar con un motor base, es decir un motor que se analice paso a paso debido a que de esa manera se encuentra la posición del otro motor. El motor "X" incrementa su valor de



uno en uno, y cuando en el programa se toma la decisión de no avanzar ningún paso, el motor “Y” no avanza, pero el motor en “X” si, debido a que el motor base es el motor “X”.

El arreglo “F” y “Q” son iguales, y estos son los encargados del movimiento de sentido horario, y contrariamente los arreglos “H” y “W”, son los encargados del movimiento con sentido anti-horario. Debido a que el programa controla dos motores se han utilizado estos arreglos dobles, así se logra el tener un posicionamiento independiente uno del otro, y al mismo tiempo llevar un tiempo de acción desigual.

A continuación se muestra el código del arreglo de los motores:

```
const char F[] = {0x38,0x32,0x34,0x31};  
const char H[] = {0x34,0x32,0x38,0x31};  
const char Q[] = {0x38,0x32,0x34,0x31};  
const char W[] = {0x34,0x32,0x38,0x31};
```

Al existir un tiempo desigual en las variables, éstas se pueden utilizar para generar el tiempo de cada paso y trazar cualquier figura que se desee. Los valores del arreglo son hexadecimales, y éstos señalan la dirección física de salida del microcontrolador (puertos del microcontrolador). Se utilizaron dos puertos para la gestión de los motores.

4. Resultados

La figura 2 muestra los valores de “X” y “Y” que serían ideales si se desea trazar una línea de 10 unidades en el eje de las “X” y 25 unidades en el eje de las “Y” al utilizar la ecuación de la recta.

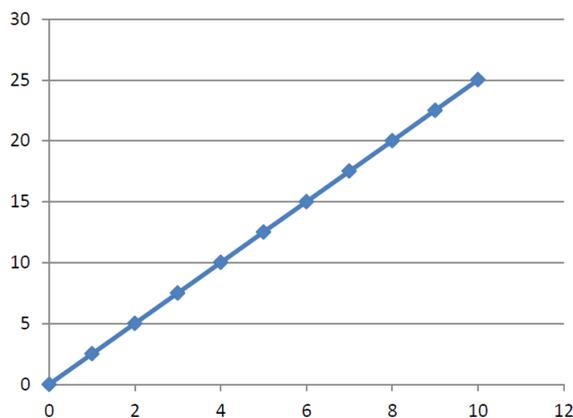


Figura 2 Gráfica de una línea ideal

La figura 3 muestra los valores de X y Y reales de una línea de 10 unidades en el eje de las X y 25 unidades en el eje de las Y al utilizar el programa.

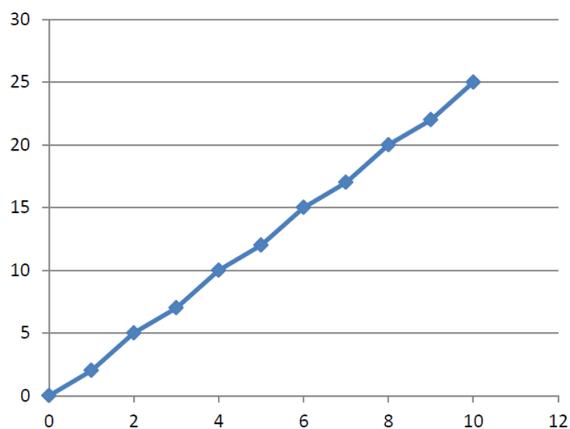


Figura 3 Gráfica de una línea real

La figura 4 muestra los valores de “X” y “Y” que serían ideales si se desea delinear un arco de 20 unidades de radio en un microcontrolador capaz de utilizar punto flotante, en tal caso, la interacción entre los motores se registraría por dichos números fraccionarios.

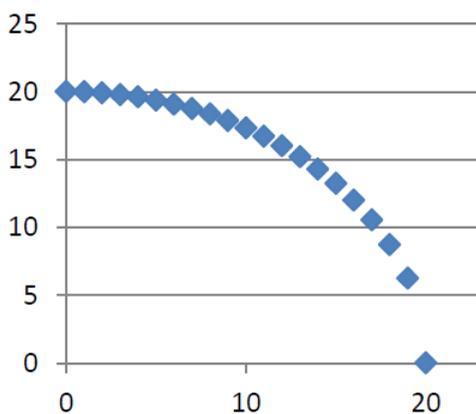


Figura 4 Gráfica de un arco ideal

La figura 5 muestra los valores de “X” y “Y” reales que se utilizan en el programa para delinear un arco de 20 unidades en los motores bipolares.

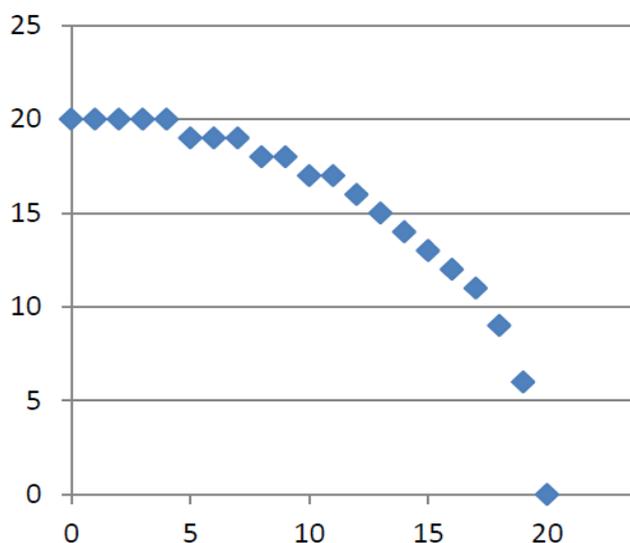


Figura 5 Gráfica de un arco real

5. Conclusiones

El intérprete funciona de la manera esperada, debido a que es capaz de graficar cualquier línea y arco. Sin embargo no grafica de manera ideal por el uso de números enteros. El algoritmo Bresenham nos permite evitar el uso de funciones seno y coseno y utilizar microcontroladores de 8 bits. En esta aplicación solo se tiene que tener acceso a una computadora personal para la introducción del código G.

6. Referencias.

1. John T. Parsons, Frank L. Stulen. "Motor Controlled Apparatus for Positioning Machine Tool". US2,820,187.
2. Jean Gagnon, Louis Gagne, Oleg Boulanov. "Method and System For Making Dental Restorations". US 2012/0324731 A.
3. Bresenham, J. E. (1 January 1965). "Algorithm for computer control of a digital plotter". *IBM Systems Journal* 4 (1): 25–30.
4. Dong-Il Kim, Jin-Il Song; Sungkwun Kim. "Dependence of machining accuracy on acceleration/deceleration and interpolation methods in CNC machine tools". *Industry Applications Society Annual Meeting, 1994, Conference Record of the 1994 IEEE*.



Instrumentación para evaluar el deterioro de aceros inoxidables mediante micropuntas de platino.

Ricardo Salazar Uitz^a, Víctor Manuel Moo Yam^a, Eduardo Pérez Cruz^b,
José Rubén Lagunas Jiménez^c

Centro de Investigación en Corrosión-UACAM^a, Instituto Tecnológico de Lerma^b,
Facultad de Ingeniería-UACAM^c

CICOR Calle Juan de la Barrera S/N x Av. Universidad, Col. Buenavista, C.P. 24039,
San Francisco de Campeche, Cam. México

risage_31@hotmail.com, victmmoo@hotmail.com, eduperea69@gmail.com,
lagunas26@yahoo.com

Resumen

El proceso de disolución de un acero inoxidable se presenta por medio de picadura. El proceso electroquímico de una picadura, produce una reacción de disolución en la superficie del metal, originando un flujo iónico del sitio del ánodo hacia los sitios catódicos. Este flujo iónico provoca líneas equipotenciales medibles a través de un arreglo de electrodos. Las líneas equipotenciales son medidas por pseudo-electrodos de referencia idénticos. Un pseudo-electrodo es un electrodo con características similares al electrodo de referencia dependiendo del entorno donde se encuentre. En este caso se usan microelectrodos de metales nobles. En este trabajo se presenta la generación de los microelectrodos de platino y se exhibe la instrumentación básica con el procesamiento de datos para medir y cuantificar este proceso de degradación. Esta medición implica la generación del circuito de acondicionamiento de señales y el procesamiento de la señal obtenida por hardware o de manera digital por software. La calibración del instrumento de medida se realiza con una fuente de corriente puntual (FCP) que simula la corrosión por picadura. Para establecer un parámetro de valor numérico medible y comparable con la actividad corrosiva localizada, o mejor descrita como actividad electroquímica localizada. La fuente de corriente puntual es un microdisco de metal noble embebido en una resina epóxica, el cual simula una picadura al imponerle una corriente, generando una densidad de corriente en el microdisco de área conocida. De esta manera se mide una diferencia de potencial y se asocia a un flujo de corriente iónica.

Introducción

La aplicación de las técnicas de barrido con electrodo para evaluar y resolver especialmente la actividad corrosiva localizada ha aumentado progresivamente los últimos 30 años. Estas técnicas asumen la actividad corrosiva actuando en sitios anódicos y catódicos separados, pueden representarse como fuentes de corriente puntual. El campo eléctrico generado por sitios de corrosión localizada consiste en líneas equipotenciales medibles y representarse gráficamente como mapas de contorno. Muchos sistemas de hoy en día usan una referencia estática o vibratoria con pseudo-electrodos de referencia, para medir el campo eléctrico, especialmente el campo normal a la superficie. El último de estos sistemas, llamado electrodo vibratorio, permite

una mejor resolución y baja la mínima señal detectable [1]. La técnica de barrido con electrodo vibratorio (SVET por sus siglas en inglés) es un barrido electroquímico similar al técnica de barrido con electrodo referencia (SRET por sus siglas en inglés), con la diferencia del microelectrodo que hace la medida, se encuentra oscilando cerca de la superficie de la muestra, midiendo la diferencia del gradiente de potencial [2]. Como se muestra en la Fig. 1.

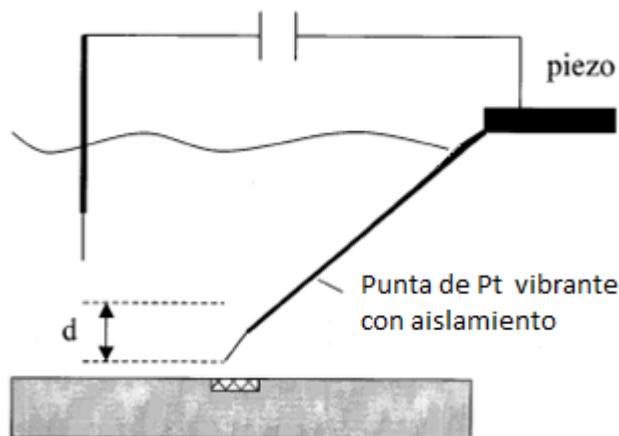


Fig. 1 Representación gráfica del SVET

Para comprender la técnica se asume la actividad corrosiva localizada como una fuente de corriente, donde el transporte de iones a través de la solución genera líneas equipotenciales medibles por microelectrodos. Para poder establecer un parámetro de valor numérico medible y comparable con la actividad corrosiva localizada, o mejor descrita como actividad electroquímica localizada, se crea una fuente de corriente puntual (FCP) para simular la corrosión por picadura.

La fuente de corriente puntual se une a un metal noble que no reaccione con la solución electrolítica, prácticamente se embebe dentro de una resina epóxica no conductora un hilo muy delgado de metal noble, los preferidos son un hilo de platino o un hilo de oro, que posean un diámetro similar muy pequeño en el orden de micrómetros [1]. Y con la ayuda de un potencióstato-galvanostato se simulan las densidades de corriente requeridas para detectar el gradiente de potencial óhmico generado por el flujo iónico dentro de la solución. La fuente de corriente puntual se conecta a un electrodo de grafito y al metal noble embebido, como se muestra en la Fig. 2

¹.R. Akid y M. Garma, "Scanning vibrating reference electrode technique: a calibration study to evaluate the optimum operating parameters for maximum signal detection of point source activity", Elsevier Ltd, Electrochimica Acta 49. Págs. 2871–2879, (2004).

². Philippe Marcus y Florian Mansfeld, "Analytical Methods in Corrosion Science and Engineering", 1ra. Edición, Edit. CRC Press Taylor & Francis Group, USA 2006. Pp. 577-592.

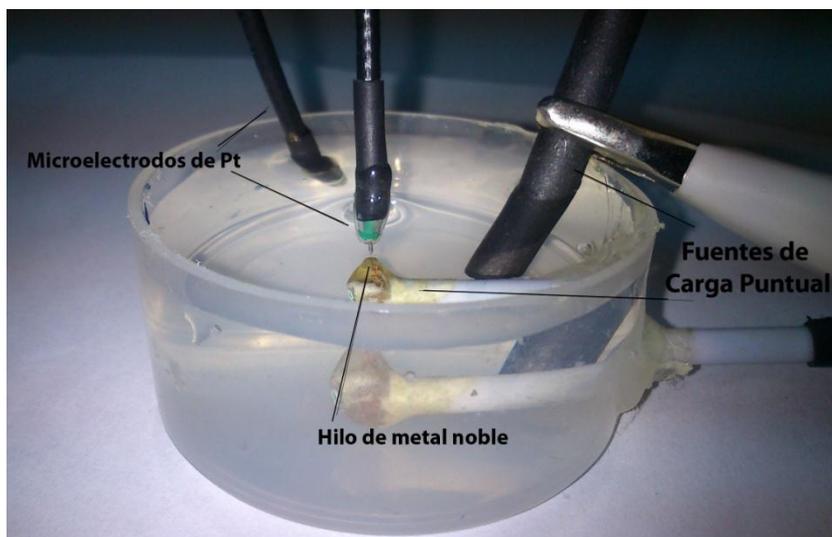


Fig. 2.- Celda de experimentación para calibración.

Esto genera un flujo iónico del ánodo al cátodo y que a su vez se presentan líneas equipotenciales las cuales miden los microelectrodos, como se muestra en al Fig. 3.

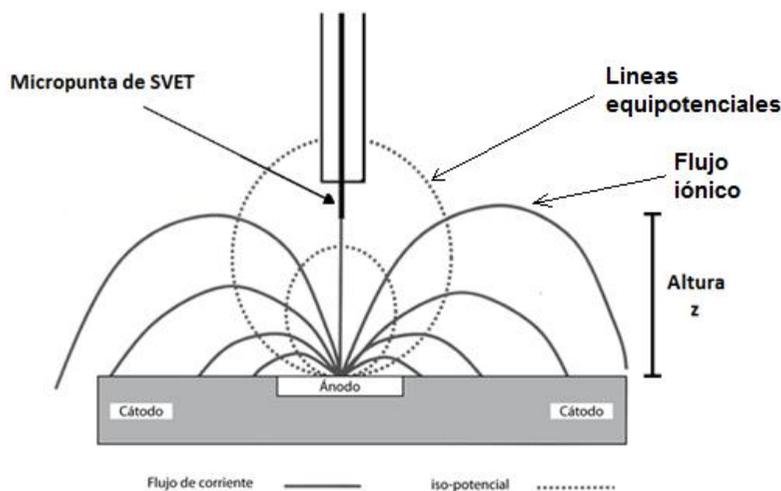


Fig. 3.- Representación gráfica de una picadura

Sin embargo las mediciones de estas líneas equipotenciales generan señales inmersas en ruido ambiental y pueden pasarse por alto si la relación señal/ruido es grande y positiva, medida en decibelios (dB). Los amplificadores convencionales resultan ineficaces para el acondicionamiento de la señal y para el procesamiento posterior, en la actualidad en instrumentación de señales los amplificadores lock-in LIA (Lock-in Amplifier) son los más adecuados para estas lecturas [3].

³. M. Gabal, N. Medrano, B. Calvo, P. A. Martínez, S. Celma y M. R. Valero, "A complete low voltage analog lock-in amplifier to recover sensor signals buried in noise for embedded applications", Elsevier, Procedia Engineering 5, Págs. 74–77, (2010).

El amplificador lock-in mide señales periódicas en presencia de altos niveles de ruido, funciona sincronizado a una señal de referencia periódica a la misma frecuencia de la señal a medir, como resultado mide la amplitud y la fase de la señal deseada [4-5]. Incorpora, un amplificador diferencial, un detector sensible a fase PSD (Phase- Sensitive Detector), un generador de señal de referencia, un cambiador de fase, un filtro pasabajas LPF (Low Pass Filter), un amplificador y un medidor, la Fig. 4, muestra un diagrama a bloques de un Amplificador lock-in básico.

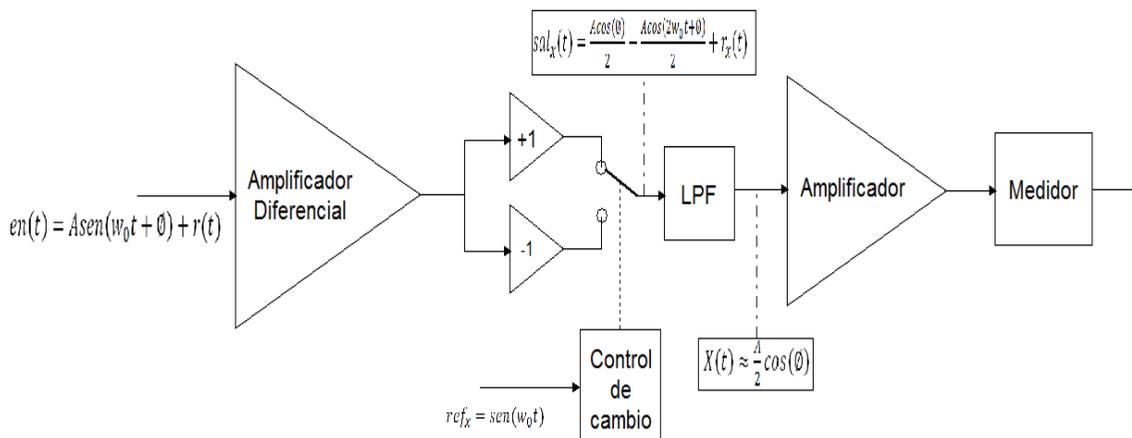


Fig. 2.- Diagrama a bloques de un amplificador Lock-in.

El funcionamiento básico de un LIA consiste en una señal de entrada periódica que representa el fenómeno físico es amplificada, una señal de referencia con la misma frecuencia de la señal de entrada; específicamente la señal de entrada y la señal de referencia se multiplican para obtener una señal en DC relacionada con la frecuencia de referencia y componentes de frecuencias altas, posteriormente pasa por el filtro pasa bajas para eliminar las componentes de frecuencias indeseadas obteniendo así una señal en DC relacionada con la amplitud de la señal de interés. Para precisar y facilitar la medición de la señal de DC se emplean dos LIA operando con una señal de referencia en cuadratura. Matemáticamente tenemos una señal inmersa en ruido como muestra la ecuación (1).

$$en(t) = A sen(w_0 t + \phi) + r(t) \tag{1}$$

A es la amplitud de la señal medida y $r(t)$ es el ruido.

⁴. M. L. Meade, J. Phys. E: Sci. Instrum. **Vol. 15**, Págs 395-403, (1982).

⁵. Maximiliano O. Sonnaillon, Raúl Urteaga y Fabián J. Bonetto, "Implementación de un amplificador lock-in digital de alta frecuencia usando muestreo no uniforme", XI RPIC (Reunión de Trabajo de Procesamiento de la Información y Control), (2005).



Con dos señales de referencia en cuadratura

$$ref_x = \text{sen}(w_0 t) \tag{2}$$

$$ref_y = \text{cos}(w_0 t) \tag{3}$$

Se multiplican con la señal de entrada.

$$sal_x(t) = (A \text{sen}(w_0 t + \phi) + r(t)) \times (\text{sen}(w_0 t)) \tag{4}$$

$$sal_y(t) = (A \text{sen}(w_0 t + \phi) + r(t)) \times (\text{cos}(w_0 t)) \tag{5}$$

Se obtiene una señal de salida en el PSD como muestra las ecuaciones (6) y (7).

$$sal_x(t) = \frac{A \text{cos}(\phi)}{2} - \frac{A \text{cos}(2w_0 t + \phi)}{2} + r_x(t) \tag{6}$$

$$sal_y(t) = \frac{A \text{sen}(\phi)}{2} + \frac{A \text{sen}(2w_0 t + \phi)}{2} + r_y(t) \tag{7}$$

Finalmente se filtra la señal a la frecuencia de corte del filtro pasabajos y se obtiene lo que indica la ecuación (8) y (9).

$$X(t) \approx \frac{A}{2} \text{cos}(\phi) \tag{8}$$

$$Y(t) \approx \frac{A}{2} \text{sen}(\phi) \tag{9}$$

El amplificador lock-in de doble fase consta de dos amplificadores lock-in operando en cuadratura como se observa en la Fig. 5, la amplitud y la fase se calculan con trigonometría.

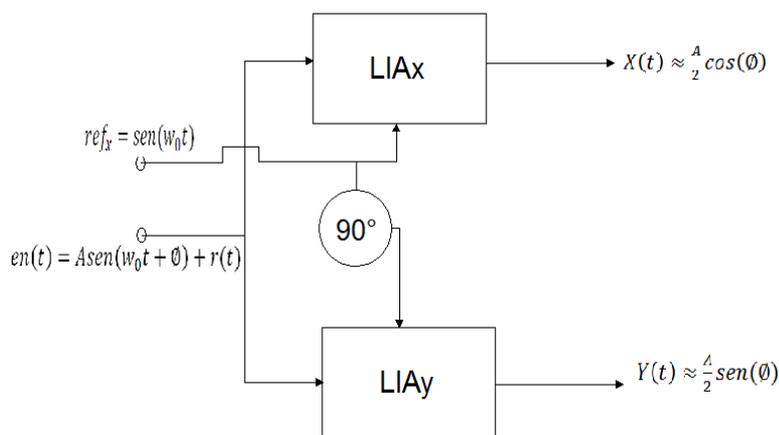


Fig. 3 Diagrama de un amplificador lock-in de doble fase.

La ecuación (10) y (11) son las aplicadas en la etapa final del LIA:

$$A = 2 \times \sqrt{(Y(t))^2 + (X(t))^2} \tag{10}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{Y(t)}{X(t)} \tag{11}$$

Cabe señalar que si la señal de referencia es cuadrada la ecuación (12) es la aplicada [3].

$$A = \frac{\pi}{2} \sqrt{(Y(t))^2 + (X(t))^2} \quad (12)$$

Al igual que las ecuaciones (8) y (9).

$$X(t) \approx \frac{2A}{\pi} \cos(\phi) \quad (13)$$

$$Y(t) \approx \frac{2A}{\pi} \sin(\phi) \quad (14)$$

La ecuación para calcular la fase es la misma.

Desarrollo

El desarrollo del sistema se desarrollo mediante el siguiente diagrama a bloques de la Fig. 6.

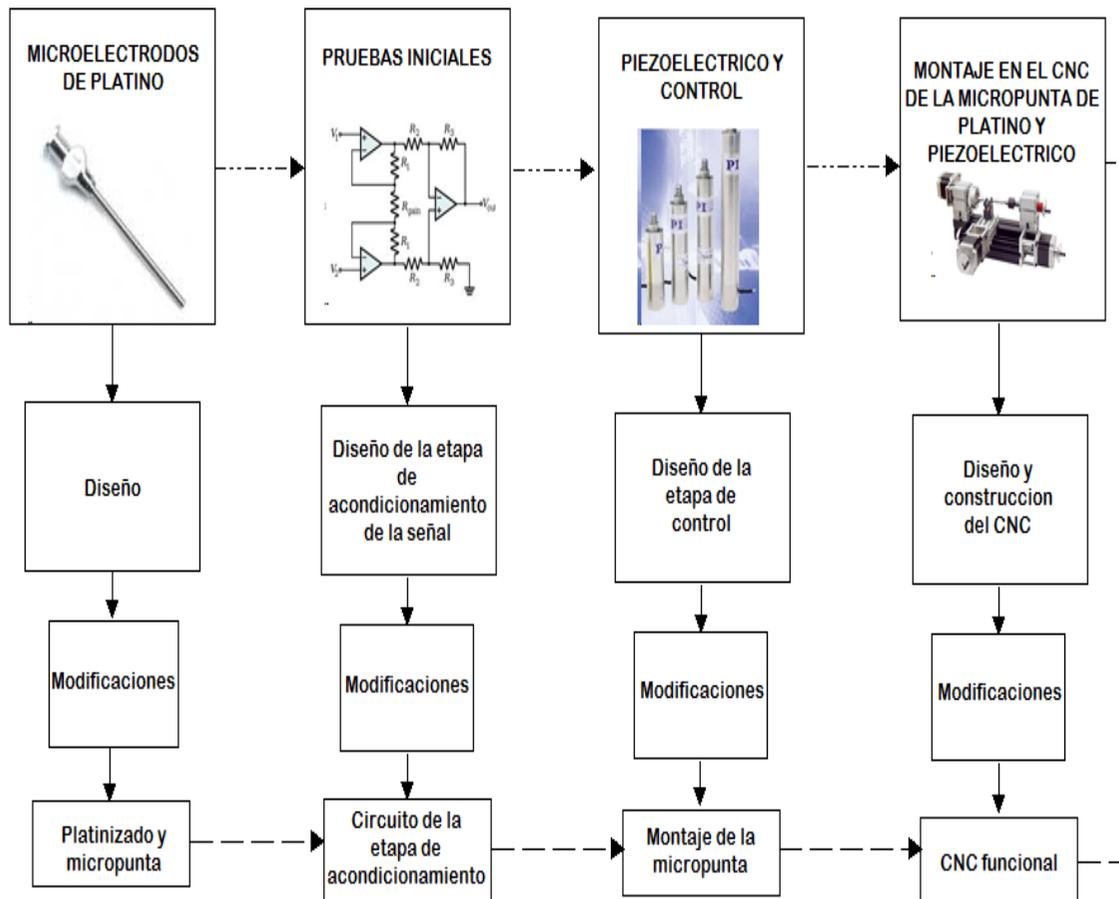


Fig. 4.- Esquema para el desarrollo de la instrumentación

Microelectrodos de platino

Para el diseño de los microelectrodos de platino se uso un alambre de platino de 1.7cm de largo con un diámetro de 480µm de diámetro en un extremo y de 444µm en el otro extremo como se muestra en la Fig. 7.

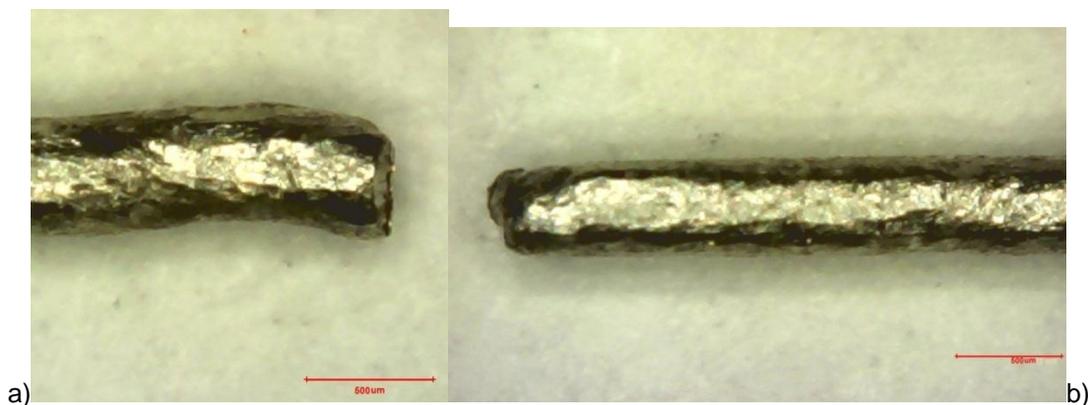


Fig. 5 Alambre platino de a) 480 μ m y b) 444 μ m de diámetro.

Se requiere dos puntas de similares dimensiones para realizar medidas de potencial, para ello se devasto mecánicamente mediante una minitaladro y un lija fina de 1800 SiC, hasta obtener un tamaño de diámetro aceptable, mostrado en la Fig. 8 .

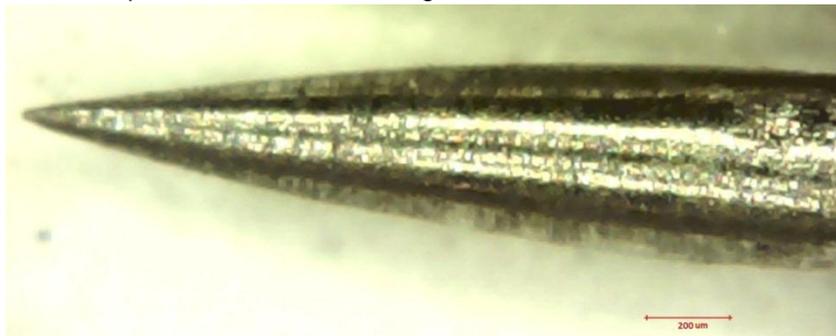


Fig. 6 Microelectrodo de platino con devastado mecánico.

La conexión eléctrica se realizó con cable blindado, uniendo primero con tinta conductora, luego se embebió en una resina epóxica cristalina de la marca Comex llamada Cristalex como se observa en la Fig. 9.



Fig. 7 Microelectrodos de platino

Diseño de la etapa de acondicionamiento

Una vez probada utilizada el hardware para obtención de circuito amplificador lock in y encontrado muchos detalles en su implementación se procedió a desarrollar el sistema de de instrumentación mediante la Instrumentación Virtual en DASYlab. El ambiente de programación de DASYlab nos



permite implementar un LIA con buenas prestaciones junto con la tarjeta DAC y un acondicionamiento de señal mediante un amplificador diferencial AD620. El programa desarrollado en el ambiente de instrumentación virtual emula el diagrama a bloques de la Fig. 4 y este se observa en la Fig. 10 donde se aprecia la hoja de trabajo de programación con los bloques funcionales de procesamiento indicados.

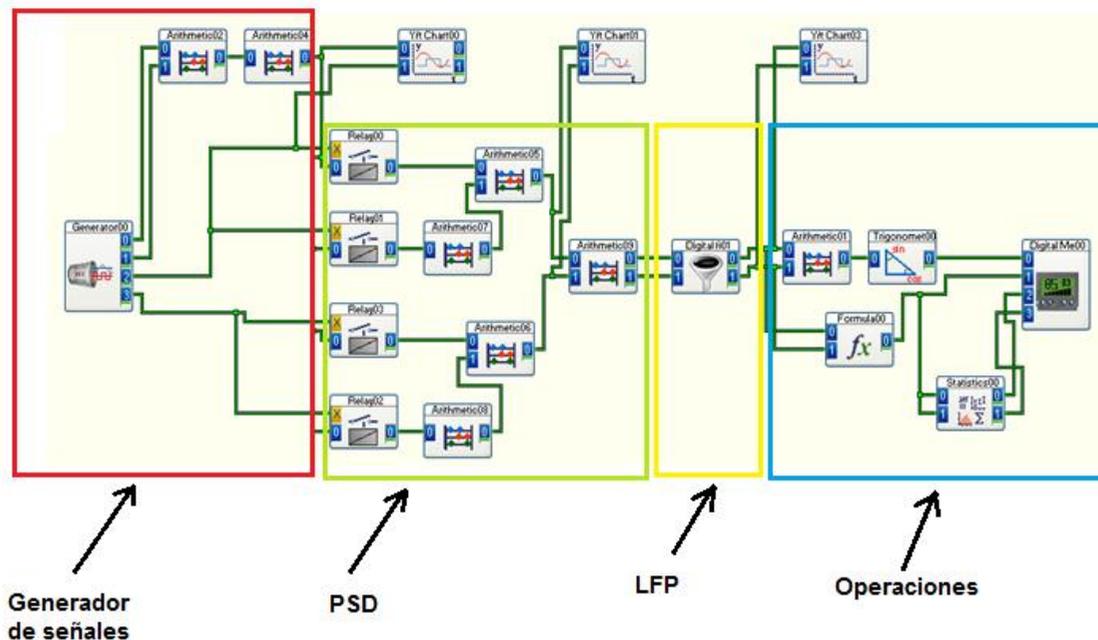


Fig. 80.- Diagrama del LIA Virtual de doble fase en cuadratura en DASyLab.

En esta Fig. 10, se muestra un LIA Virtual de doble fase de cuadratura constituido por:

- Un generador de señal a procesar: Este bloque se utilizó al principio para generar la señal con ruido y la señal de referencia. De esta manera se tiene información de que esperar en la respuesta. Y una vez confirmada se procedió a cambiar por la entrada de la tarjeta de adquisición de datos.
- Bloque PSD: se utilizan 4 relé y 4 bloques aritméticos: realiza la función de un detector sensible a fase PSD, dos relé y dos cajas aritméticas constituyen un canal de un LIA, la primera caja aritmética invierte la señal proveniente de un relé y la siguiente suma las dos señales dando la salida del PSD.
- Bloque LFP: se utiliza el bloque de filtro digital configurado como un filtro pasabajos para retirar la componente de ruido.
- Bloque de Operaciones: Se implementó con una caja aritmética, caja trigonométrica y caja de fórmula para calcular la amplitud y fase de la señal a medirse.

En el generador de señales tenemos cuatro señales activas out(0) es la señal que genera el ruido, out(1) es la señal que simula el fenómeno físico medido, out(2) y out(3) es la señal de referencia cuadrada para controlar los relé, cabe señalar que out(3) está en cuadratura con out(2). El



sumador incorpora el ruido en la señal medida, luego es amplificada por el siguiente bloque, como en la Fig. 11, se visualiza la señal con ruido y la señal de referencia.

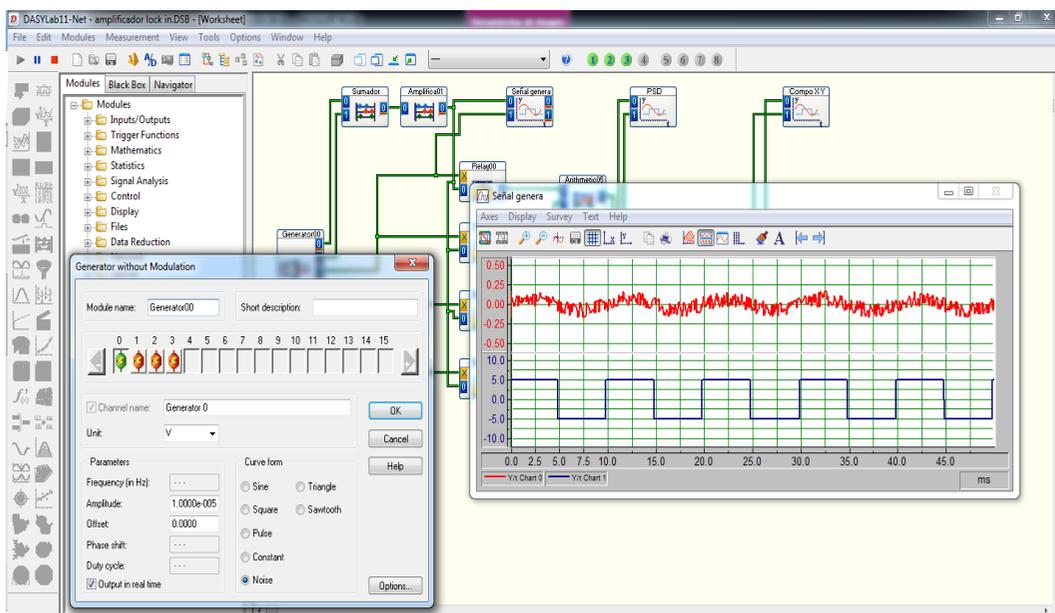


Fig. 11.- Generador de señales en DASyLab

La etapa que comprende el PSD es realizada por cuatro relay , dos inversores y dos sumadores; el Relay00 y Relay01 se activan uno después del otro en el mismo tiempo en que cambia de estado la señal de referencia cuadrada, invirtiendo la entrada de control en el Relay01 se asegura la activación del canal cuando se desactiva el Relay00 dejando pasar la señal. El mismo criterio de operación se realiza en el canal en cuadratura, la Fig. 12 muestra las cajas que componen esta etapa y las graficas obtenidas en los dos canales.

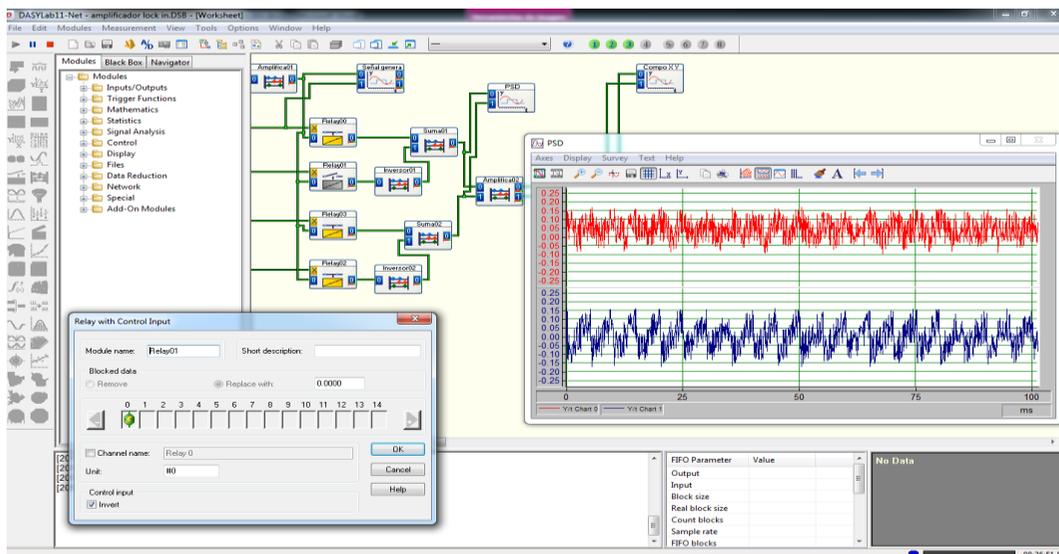


Fig. 12.- PSD en DASyLab



La etapa de filtro pasabajo como muestra la Fig. 13 se programa a la frecuencia de la señal de referencia, se selecciona de tipo Butterworth, mientras más elevado sea el orden de mejor respuesta tiene con el detalle del tiempo de establecimiento de la lectura lleva un tiempo más grande.

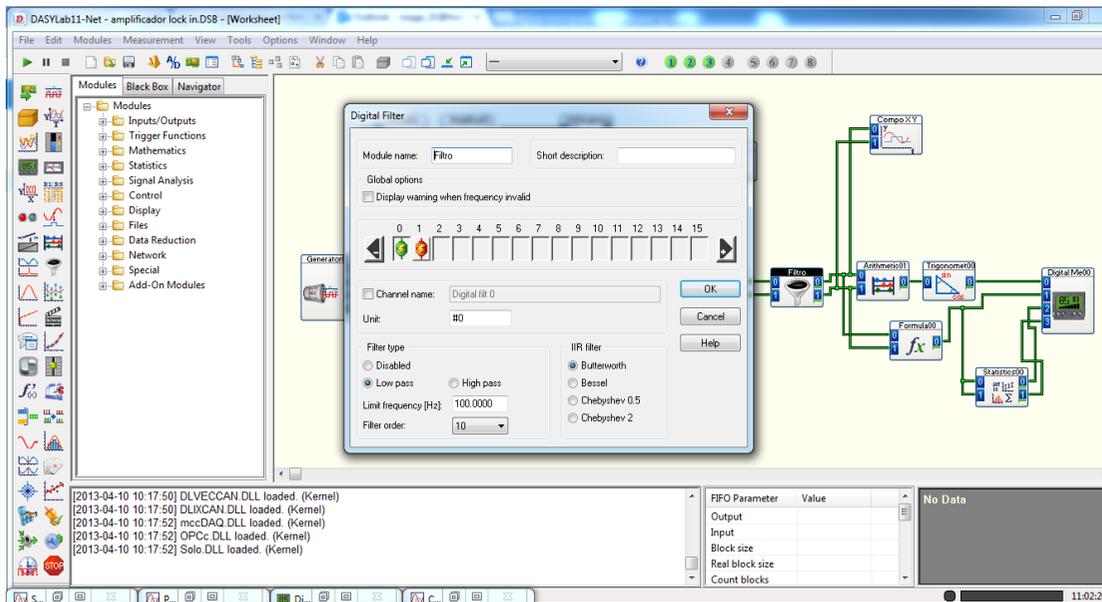


Fig. 13.- Filtro Paso Bajo DASYLab.

La etapa final en la fig. 5 es el cálculo de la amplitud y la fase por medio de las cajas de Arithmetic01, Trigonomet00, Formula00 y Statistics00, visualizado Digital ME; la caja Statistic00 en su primera entrada da un promedio del voltajes calculado con un bloque de muestras, mientras que la segunda entrada da un promedio con 5 bloques de muestra. El resultado es en Volts tomando en cuenta que la amplificación es en 1×10^6 y la entrada tiene una amplitud de $7 \mu\text{V}$.

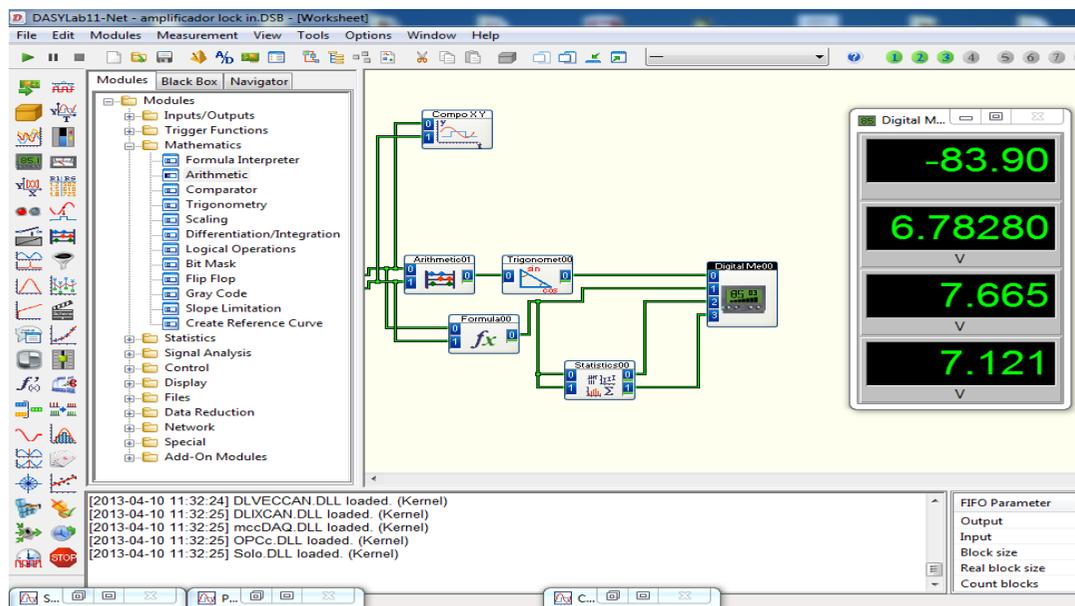


Fig. 14.- Cálculo de la amplitud y fase con DASyLab.

Conclusiones

El desarrollo de la puntas de platino por métodos electroquímicos involucra mucho tiempo de procesamiento y las puntas de los microelectrodos no queda uniformes. Al desarrollar las puntas por medios mecánicos se obtienen mejores resultados y es muy importante controlar la presión sobre los alambres de platino para no deformarlos.

La implementación del LIA en ambiente de programación virtual ha satisfecho la necesidad de medir señales inmersas en ruido proveniente de proceso de picado simulado con una fuente de carga puntual y el acondicionamiento de la señal.

El LIA virtual implicó menor tiempo de diseño además de presentar una plataforma abierta para su mejor continua como puede verse en este primer intento y ha abierto un panorama amplio de aplicaciones a procesamiento de señales.



MODELADO DE LA VARIABLE TEMPERATURA DE UN INVERNADERO CON VENTILACIÓN NATURAL

José de Jesús García, Cortés; Felipe Alfonso Ordoñez García, Jaime Jalomo Cuevas, José Roberto Hernández Arellano,
Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán.
lctg_jesusgc@hotmail.com, alfonso777@hotmail.com, jalomo3@hotmail.com,
Roberto_date@hotmail.com

RESUMEN.

La escasez de alimentos, la falta de agua y el incremento del desempleo son problemas presentes a nivel mundial. La producción de algunos alimentos vegetales bajo ambientes de invernaderos ha demostrado ser una solución a estos problemas. El control de la nutrición y del micro-clima de un invernadero es importante en la producción. Para poder probar que estrategias de control son las más adecuadas para el control del micro-clima es importante contar con modelos climáticos de los invernaderos. Existen modelos matemáticos desarrollados pero no son ni para los invernaderos típicos de la región Sur del estado de Jalisco, ni para su clima. El conocimiento de modelos matemáticos para invernaderos permitirá tener un mejor control de la producción. En el presente trabajo de investigación se obtienen varios modelos matemáticos que ayudan a predecir la evolución de la temperatura al abrir las cortinas de un invernadero tipo diente de sierra de 300 metros cuadrados típico de la región Sur de Jalisco, México

ÍNDICE DE TÉRMINOS

Modelado de invernaderos, Caracterización de procesos.

1.- INTRODUCCIÓN

Para efectuar el análisis de un sistema, es necesario obtener un modelo que lo represente. El modelo matemático equivale a una ecuación o a un conjunto de ellas en base a las cuales podemos conocer el comportamiento del sistema. Es necesario comentar que el modelo matemático de un sistema no es único, debido a lo cual se pueden lograr representaciones diferentes del mismo proceso. Estas diferentes representaciones no se contradicen una a la otra. Los diferentes modelos pueden contener información semejante y/o complementaria por lo que se deben analizar cada uno de ellos y trabajar con aquel que proporcione la información de interés que se necesita para resolver cada problema en particular.

Existen varios tipos de modelos entre los que se encuentran los siguientes:

- Ecuaciones diferenciales.
- Función de transferencia.
- Ajuste de curva.
- Entrenamiento de redes neuronales.

Un ejemplo de modelo integral de invernadero es el encontrado por Mohammed Yassin [1] y que es representado por medio de las siguientes ecuaciones diferenciales:



$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{C_{cap,q}} (Q_{rad} + Q_{cal} + Q_{suelo} - Q_{vent})$$
$$\frac{dV_i}{dt} = \frac{1}{a_{hum,mas}} (\Phi_{hum,transp} + \Phi_{hum,fog} - \Phi_{hum,vent})$$
$$\frac{dX_c}{dt} = \frac{1}{C_{cap,c}} (U_{aport} - \Phi_{vent,CO_2} - \Phi_{resp,CO_2})$$
$$\frac{dP_{ns}}{dt} = c_\alpha \Phi_{phot} - r_{gr} P_n - \Phi_{resp} - \frac{1 - c_\beta}{c_\beta} r_{gr} P_s$$
$$\frac{dP_s}{dt} = r_{gr} P_s$$

Sin embargo estas ecuaciones solo son validas para invernaderos tipo casa de cristal, que cumplan con dimensiones específicas y que se ubiquen en una región determinada de Alemania.

La Función de transferencia es un tipo de modelo matemático que representa la relación que existe entra la salida y entrada de un sistema. El modelo por ajuste de curvas es una ecuación que representa bajo condiciones muy específicas la evolución en el tiempo de un sistema. Y el modelo de un sistema también puede ser identificado por un sistema redes neuronales alimentadas por la información generada por el comportamiento del sistema que se quiere modelar.

2.- MATERIALES Y METODOS

2.1 Arquitectura de control

El sistema de control climático para un invernadero está constituido básicamente por un sistema de calefacción y un sistema de enfriamiento. En el presente trabajo de investigación se analiza solo el sistema de enfriamiento. Existen varios tipos de sistemas de enfriamiento para invernaderos entre los que se cuentan:

- a) Ventilación natural
- b) Ventilación artificial
- c) Nebulizadores
- d) Cortinas de agua
- e) Malla térmica

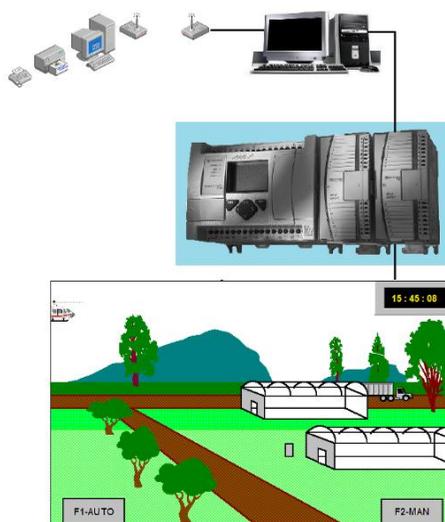


Figura. 1. Arquitectura del sistema de control de enfriamiento por ventilación natural basado en un Controlador Lógico Programable (PLC).



El sistema de enfriamiento que analizaremos es el de ventilación natural y esta constituido por un controlador Lógico Programable (PLC) que controla mediante motores de corriente directa, la apertura y cierre de cuatro cortinas laterales y dos cortinas cenitales.

2.2 Caracterización.

Para la obtención de un modelo matemático se siguen diferentes metodologías. Pero en cualquier caso es necesario en primer lugar conocer a fondo el comportamiento del proceso en estudio, lo que recibe el nombre de caracterización. En la figura 2 se muestran tendencias de temperatura cuando las cortinas están abiertas un 75,50 y 100 %.

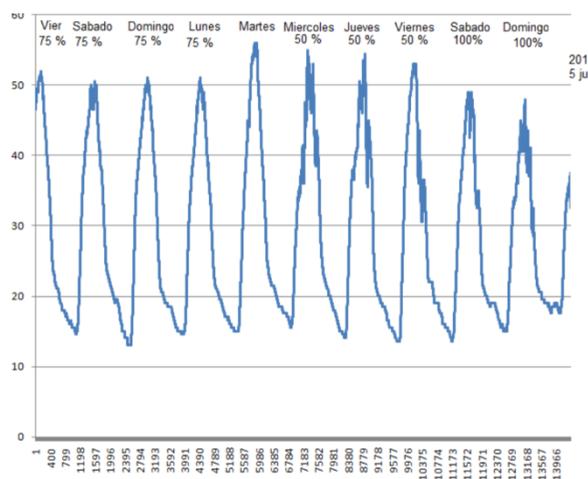


Figura. 2. Tendencias de la temperatura para aperturas de 75, 50 Y 100 %.

En la figura 3 se muestra que con las cortinas completamente cerradas, durante el día se alcanzan temperaturas de 61.5 °C, las cuales son letales para las plantas.

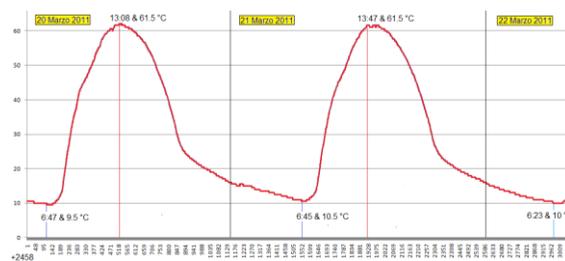


Figura. 3. Tendencias de la temperatura con las cortinas completamente cerradas.

De los experimentos de caracterización realizados se desprende que se requiere que durante el día las cortinas estén siempre totalmente abiertas, por lo que es necesario conocer un modelo matemático que nos permita conocer la evolución que tendrá la temperatura a partir de que estas se abran por completo y hasta que se alcance la temperatura máxima en el invernadero.



2.3 Función de transferencia

Con la finalidad de obtener la función de transferencia del sistema se tomaron datos de la temperatura directamente del proceso, con un instrumento de medición basado en microprocesador denominado data logger, el cual fue programado para muestrear la variable temperatura cada minuto. La figura 4, presenta la evolución de la temperatura desde el momento en que se abren completamente las cuatro cortinas laterales y las dos cortinas cenitales, hasta que se alcanza la temperatura máxima. La entrada del sistema considerada es una entrada escalón que abre las cortinas totalmente, y la salida del sistema considerada es la variable temperatura. La temperatura máxima alcanzada en el interior del invernadero con las cortinas completamente abiertas fue de 49.5 °C.

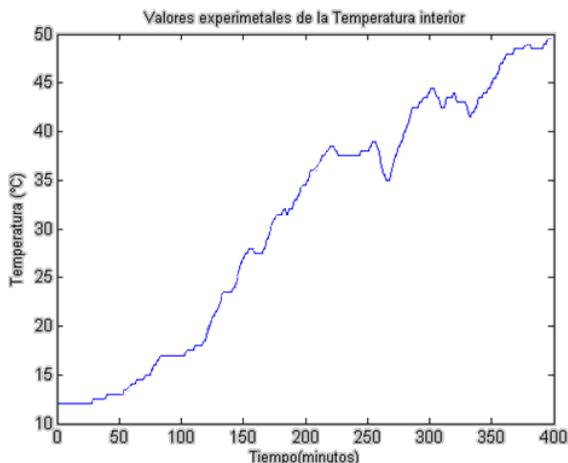


Figura. 4. Tendencia de la variable temperatura en el interior de un invernadero en un día típico en los meses de marzo, abril y mayo.

Las dos caídas de temperatura mostradas en la figura 4 y que tienen su valor mínimo en el tiempo de muestreo 260 y en el tiempo de muestreo 340 son debidas a dos eventos de lluvia ocurridos. Dado que la evolución de la temperatura es semejante a la respuesta que presenta un sistema de primer orden, se procede a estilizar la respuesta que se muestra en la figura 4 para hacerla semejante a la respuesta de dichos sistemas (línea roja figura 5).

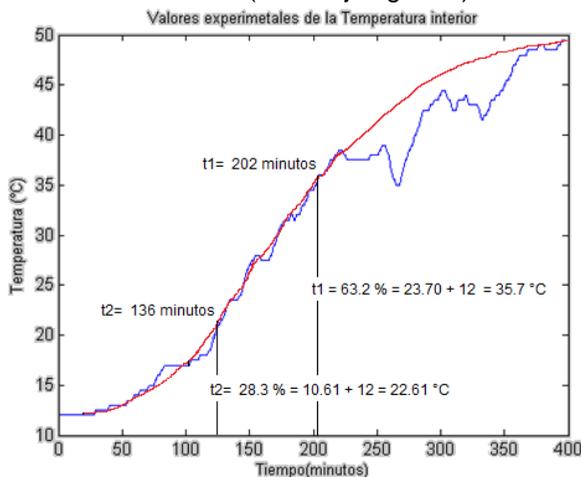


Figura. 5. Tendencia real y tendencia estilizada de la variable temperatura.



2.3.a. Obtención de la FT utilizando el método de los dos puntos de Ziegler y Nichols.

Con la ayuda de este método podemos obtener la función de transferencia.

$$G(s) = \frac{k e^{-t_d s}}{s+a} \quad (1-1)$$

Obtención de los tiempos $t_{28.3}$ y $t_{63.2}$

t_1 o $t_{63.2}$, es el instante en que la respuesta del proceso alcanza 63.2 % del valor estacionario.

$$37.5 \text{ °C} \text{ -----} 100\% \quad T_1 = 23.7 \text{ °C}$$

$$X \text{ -----} 63.2\% \quad t_1 = 23.7 + 12 = 35.7 \text{ °C}$$

y t_2 o $t_{28.3}$, es el instante en que la respuesta del proceso alcanza el 28.3 % del valor estacionario.

$$37.5 \text{ °C} \text{ -----} 100\% \quad T_2 = 10.6 \text{ °C}$$

$$X \text{ -----} 28.3\% \quad t_2 = 10.61 + 12 = 22.61 \text{ °C}$$

Cálculo de la constante de tiempo del proceso “ τ ”

T es característica de cada proceso y viene dada por la ecuación 1-2

$$\tau = 1.5 (t_1 - t_2) \quad (1-2)$$

$$\tau = 1.5 (12120 - 8160) = 5940 \text{ seg.}$$

Por definición en un tiempo de 5τ se alcanzará el prácticamente el 100 % de la temperatura
 $5\tau = 5 (5940) = 29700 \text{ seg.} = 8 \text{ horas y } 15 \text{ minutos.}$

Cálculo del tiempo muerto por el método de los dos puntos

El tiempo muerto viene dado por la ecuación 1-3.

$$t_d = t_1 - \tau \quad (1-3)$$

$$t_d = 12120 - 5940 = 6180 \text{ seg} = 1 \text{ hora y } 43 \text{ minutos}$$

Obtención de la constante “ a ”.

El valor de la constante a viene dado por la ecuación 1-4.

$$\alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{5940} = 1.68 \times 10^{-4} \quad (1-4)$$

Obtención de K .

K representa la ganancia del proceso y se calcula como el cociente entre el cambio observado en la salida y el cambio provocado en la entrada y es dada por la ecuación (5-5)

$$T(\alpha) = \frac{k}{\alpha} \quad (1-5)$$

$$\rightarrow k = (T(\infty)(\alpha)) \quad (1-6)$$

$$\rightarrow k = (T(\infty)(\alpha) = 37.5(1.68 \times 10^{-4}) = 0.006315$$

Sustituyendo los valores obtenidos de k , t_d , a en la ecuación 1-1, obtenemos la FT.



$$G(s) = \frac{.006315 e^{-6180 \text{ seg}}}{s + 1.684 \times 10^{-4}}$$

Sustituyendo e^{-tds} por la aproximación de Pade (Ecuación 1-8) en la ecuación 1-7, nos permitirá, definir la FT de manera que pueda ser evaluada en MatLab.

$$e^{-tds} \approx 1 - \frac{tds/2}{1 + tds/2} = \quad (1-8)$$

$$\frac{16k - 8ktds}{(s + a)(16 + 8tds)} = \frac{16k - 8ktds}{16s + 8tds^2 + 16a + 8atds}$$

$$\frac{2k - ktds}{tds^2 + atds + 2s + 2a} \quad (1-9)$$

Sustituyendo **K**, **td** y **a** en la ecuación 1-9, finalmente tendremos la F de T del proceso:

$$G(s) = \frac{.01263 - 39.0267}{6180s^2 + 3.3824s + 3.36 \times 10^{-4}}$$

Validación

Validación en MATLAB de la FT, empleando el tiempo muerto “td” calculado de 6180 seg.

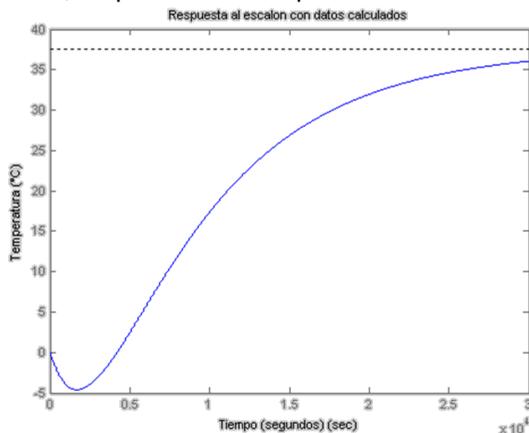


Figura. 6. Validación de la FT utilizando un td de 6180 segundos.

La línea punteada del gráfico representa el valor final de 37.5 °C, en el que se establecerá finalmente la temperatura. Pero se tiene que hacer la consideración de que a todos los valores de temperatura del modelo deberán adicionarse los 12°C, a partir de los cuales se inicio el incremento de temperaturas. De esta manera se tiene que la temperatura de establecimiento será de 49.5°C, y de acuerdo a los cálculos realizados esto tendrá lugar en aproximadamente 5τ (8 horas y 15 minutos).

En este experimento se obtuvo la FT considerando un tiempo muerto que fue calculado de acuerdo a lo definido por el método de los dos puntos de Ziegler y Nichols. Pero pueden determinarse otras Funciones de transferencia considerando los siguientes tiempos muertos:

- Td gráfico



- Td real
- Td promedio

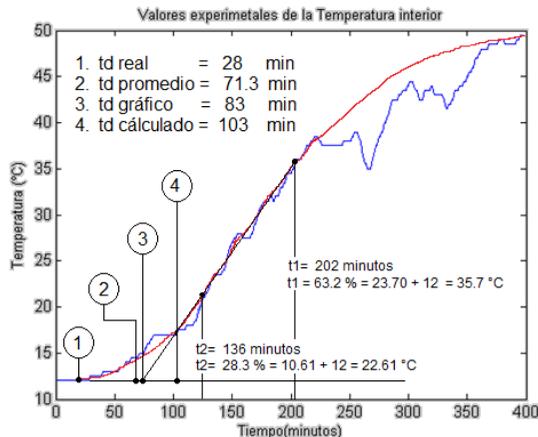


Figura. 7. Representación gráfica de los diferentes tiempos muertos que pueden ser utilizados para calcular la Función de Transferencia.

2.3.b. Calculo de FT utilizando td real.

En la figura 7 se aprecia que el **td** real ocurre en el instante cuando la temperatura empieza a crecer y dejar la línea horizontal que representa los 12 °C.

td real = 28 minutos = 1680 segundos.

$$G(s) = \frac{.01263 - 10.6092}{1680s^2 + 2.28224s + .000336}$$

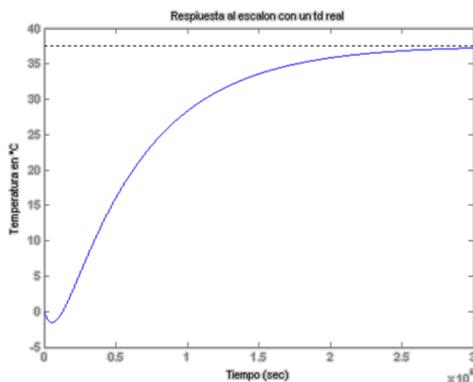


Figura. 8. Validación de la FT empleando un td real de 1680 seg.

2.3.c. Calculo de FT utilizando un td gráfico.

En la figura 7 se encuentra el tiempo muerto uniendo los puntos t1 y t2 mediante una línea recta. Y en el punto donde esta línea recta se cruza con la línea horizontal de 12°C se encuentra el **td** gráfico.

td gráfico = 83 minutos = 4980 seg.



$$G(s) = \frac{.01263 - 31.4487}{4980s^2 + 2.83664s + .000336}$$

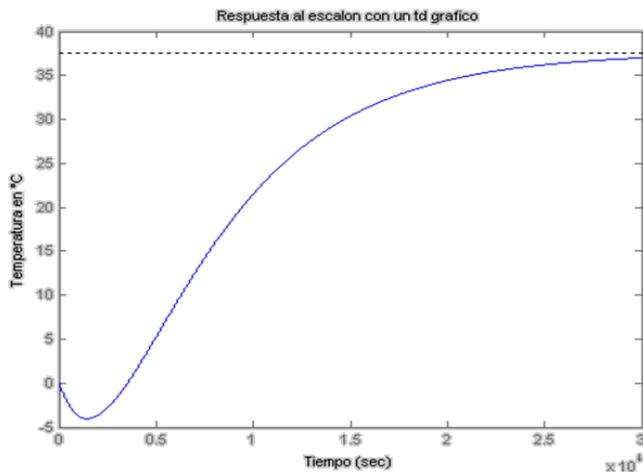


Figura. 9. Validación de la FT empleando un td gráfico de 4980 seg.

2.3.d. Calculo de FT utilizando un td promedio.

En la figura 5.9 se presenta como obtener la FT del invernadero considerando un td promedio.

td promedio= (td calculado + tdreal + tdgráfico)/3 td promedio = (6180 + 1680 + 4980)/3=4280 seg.

$$G(s) = \frac{.01263 - 27.01557}{4280s^2 + 2.718404s + .000336}$$

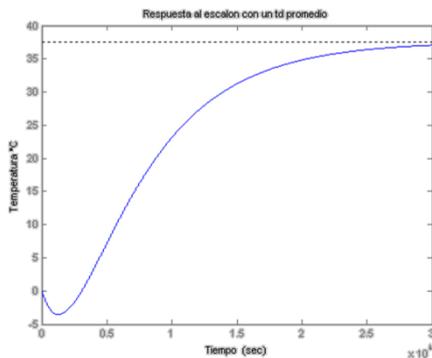


Figura. 10. Validación de la FT promedio empleando un td de 4280 seg.

2.4. Obtención de la FT utilizando MatLab

En la figura 11 se presenta como obtener la FT del invernadero utilizando el modulo identificador de procesos de MatLab.

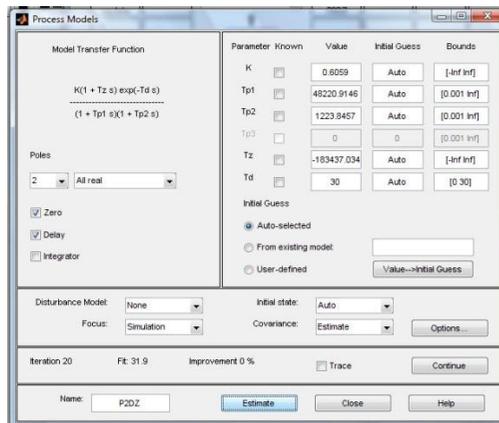


Figura. 11. Parámetros dados para obtener la función de Transferencia en MatLab.

Y la Función de Transferencia obtenida utilizando MatLab es la siguiente:

$$G(s) = \frac{0.6059 (1 - 183437.034 s) e^{-30}}{(1 + 48.220s)(1 + 1223.8457)}$$

2.5. Obtención de la FT, utilizando una red entrenada de redes Neuronales en MatLab.

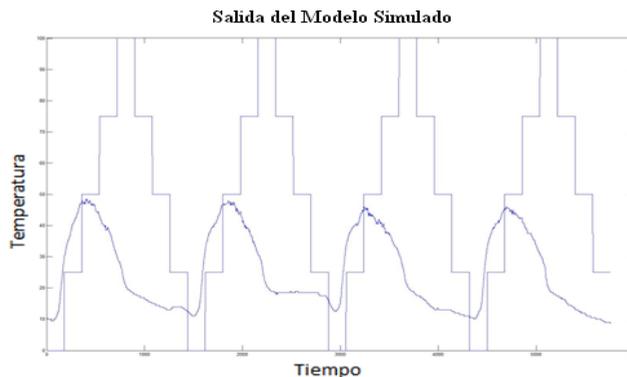


Figura. 12. Respuesta

simulado.

del modelo

2.6. Obtención de modelos utilizando el comando Polyfit de MatLab

```
>> load invernadero.dat
>> x1=invernadero(:,1)
>>y2=invernadero(:,2)
>> plot(x1,y2)
>> a=polyfit(x1,y2,1)
>> p1=polyval(a,x1);
>> plot(x1,y2,'r*',x1,p1)
>> hold on
>> plot (y2, 'DisplayName', 'y2', 'YDataSource', 'y2'); figure(gcf)
```



$$a = 0.10768608077984 S + 9.35000188914497$$

$$a = -0.0001 S^2 + 0.1426 S + 7.0159$$

$$a = -0.0000 S^3 + 0.0004 S^2 + 0.0616 S + 9.734$$

$$a = -0.0000001036782 S^4 + (-0.00000913736042 S^3) + 0.00255314672736 S^2 + (-0.12872645374237 S) + 13.58293184863946$$

$$a = 0.00000000000528 S^5 + 0.00000000508922 S^4 + (-0.00000725934254 S^3) + 0.00227091222536 S^2 + (-0.11251769445990 S) + 13.36302682082303$$

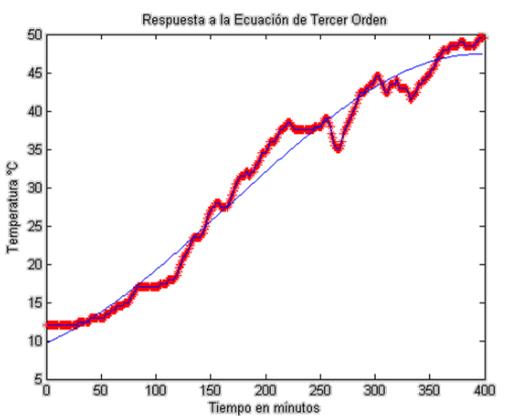


Figura. 13. Respuesta a la ecuación de tercer grado: $a = -0.0000 S^3 + 0.0004 S^2 + 0.0616 S + 9.7341$ do.

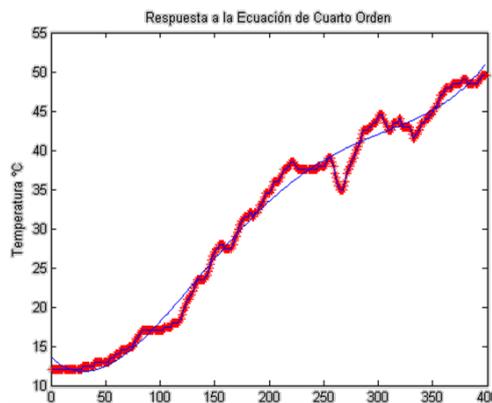


Figura. 14. Respuesta a la ecuación de cuarto grado: $a = 0.00000001036782 S^4 + (-0.00000913736042 S^3) + 0.00255314672736 S^2 + (-0.12872645374237 S) + 13.58293184863946$

3.- CONCLUSIONES

Debido a que los invernaderos del Sur de Jalisco solo cuentan con sistemas de enfriamiento del tipo de ventilación natural se tendrá que implementar un sistema de control que se limitara a mantener siempre las cortinas totalmente abiertas durante el día, a partir de las 7:00 a.m., y mantenerlas completamente cerradas por las noches, a partir de las 7:00 p.m.[6.]. Dado que se requiere que durante el día las cortinas estén siempre totalmente abiertas, fue necesario conocer algunos modelo matemáticos que nos permitieran conocer la evolución que tendrá la temperatura a partir de que las cortinas son abiertas y hasta que se alcance la temperatura máxima en el invernadero.



4.- REFERENCIAS

- [1] Burgos, Pérez, José Alberto, Romo, Torres, Fernando, Arana Franco, José María. (2007). Acciones, Reacciones y Retos de la Transferencia de Tecnología. (Fundación Produce). Jalisco A.C. 1 p.
- [2] J.G. ziegles and N.B. Nichols. Optimum Settings fro Automatic Controllers. Transactions of American Society of Mechanical Engineers. 1942.
- [3] K.J. Astrom and Hagglug. PID Controllers: Theory Desing and Tunning, Instrument Society of America., 1995.
- [4] López, Báes, David. (2006). MatLab con aplicaciones a la Ingeniería física y finanzas. Afaomega.
- [5] Ogata, Katsuhiko. University of Minesota. Ingenieria de Control Moderna. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- [6]García, Cortés, José de Jesús, et al.(2011). Control de encendido y protección contra falla de flama de un Quemador para el Control de la Temperatura Interna de un Invernadero. 4° Congreso Nacional de Ingeniería Electrónica 2011 CNIE. Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán.



Propuesta para el desarrollo de un prototipo de sistema para web y dispositivos móviles de monitoreo y adquisición de datos de variables físicas de estanques

Jesús Ramón López Sánchez, Filiberto Valenzuela Mendoza, Alma Isabel Arias Hurtado, Cecilia López Camacho, Angélica Andriana Silva Salido

*Universidad Estatal de Sonora, Unidad Académica Navojoa
computacionlsc@hotmail.com, fivame@hotmail.com, alma_isabela@hotmail.com,
sesiliadaniela@hotmail.com, neramani@hotmail.com*

Resumen

En el presente trabajo se aborda la propuesta de un sistema de monitoreo de parámetros físico-químicos, con el apoyo en la adquisición de los datos de la placa Arduino Uno, estos serán procesados y almacenados en un servidor de base datos para posteriormente ser visualizados, utilizando un servidor web, en diferentes dispositivos de computo, de escritorio y móviles. El desarrollo de este prototipo permitirá automatizar la lectura de las medidas en los estanques.

1. INTRODUCCION

El manejo apropiado de la calidad de agua de un estanque juega un papel significativo para el éxito de las operaciones acuícolas. Cada parámetro de calidad de agua por sí solo puede afectar de manera directa la salud del animal. La exposición de camarones y peces a niveles impropios de oxígeno disuelto, amoníaco, nitritos o sulfuro de hidrógeno lleva a estrés y enfermedades. Sin embargo, en el ambiente complejo y dinámico de los estanques de acuicultura, los parámetros de calidad de agua también se influyen entre ellos.

Los laboratorios de calidad de agua en los últimos años han tomado especial importancia en lo que a análisis de contaminación en agua se refiere, es por eso que el desarrollo de sistemas inteligentes que recojan datos de la muestra y los procesen es imperativo, de forma que la preparación y manipulación de parámetros sea realizada de la manera más eficiente y rápida posible, así como la generación de reportes que indiquen, en tiempo real, los cambios en el comportamiento de las variables de nuestro objeto de estudio.

El sistema a diseñar contará con un sensor de temperatura y los circuitos necesarios para adaptar electrodos que midan los siguientes parámetros físicos: PH, potencial Oxido-Reducción y Conductividad.

Un programa diseñado para el efecto y cargado previamente lee los datos y permite al operador un completo análisis de los parámetros obtenidos, la posibilidad de guardarlos en un archivo y obtener gráficos de parámetros versus parámetros o parámetros versus tiempo. El sistema tendrá la portabilidad necesaria para funcionar en cualquier computadora de características similares a la de prueba solamente conectando los circuitos de adquisición de datos al puerto serial y cargando el respectivo programa. Además los resultados se mostraran en las computadoras conectadas a la red, así como en dispositivos móviles, para que los técnicos encargados de los estanques se mantengan informados en cualquier lugar del campus universitario.

La adquisición de los parámetros se realizará a través de las interfaces Arduino Uno, que es definido como un computador de tarjeta, este tiene características de las computadoras que son necesarios para el proceso de información y envío de datos y desprecia características que no son



necesarios como aplicaciones de la pantalla de la computadora y la reproducción de música, por eso este sistema puede ser tan eficiente como un computador en un espacio muy compacto y en un precio accesible, además presenta la posibilidad de ensamblar diferentes tarjetas a una tarjeta principal, de manera de agregar más aplicaciones.

Para desarrollar este prototipo desde el punto de vista electrónico, es necesario realizar diferentes conexiones electrónicas y de comunicación y programar el microcontrolador de manera de procesar e interpretar bien la información leída por el sensor. También se realizará una interfaz web, poder leer e interpretar de manera adecuada la información en los equipos de cómputo y dispositivos móviles conectados a la red institucional.

Para la que la interfaz web funcione, se instará un servidor web, que puede ser un IIS o Apache, lo que permitirá contar con la información almacenada en la base de datos o generada en tiempo real por el prototipo en los equipos de cómputo y dispositivos móviles, para que se tomen las medidas pertinentes en cuanto a la calidad que deba presentar el agua de los estanques.

Este proyecto lo consideramos relevante e innovador, ya que permite un trabajo colaborativo entre los docentes de las carreras de ingeniería de software y acuicultura, que se imparten en nuestra Universidad. Por otro lado también se puede desarrollar este tipo de monitoreo, con otros tipos de sensores, en la domótica aplicada en nuestras instalaciones.

2. CONTENIDO

Para el desarrollo de esta propuesta de prototipo de monitoreo de variables físicas y químicas se analizan los conceptos básicos de las variables que serán nuestro objeto de estudio. Además de las herramientas necesarias para llevar a buen término nuestro proyecto.

Los niveles de temperatura y PH desbalanceados afectan la salud y el crecimiento de los animales de los estanques, por lo que se deben monitorear constantemente, en la tabla 1 se muestran los parámetros de calidad del agua con sus valores estándar según Meyer. [1]

2.1. El Oxígeno disuelto

El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de los organismos acuáticos. El oxígeno es un componente clave en la respiración celular tanto para la vida acuática como para la vida terrestre. La concentración de oxígeno disuelto (DO) en un ambiente acuático es un indicador importante de la calidad del agua ambiental.

Es uno de los más importantes parámetros en acuicultura. Por lo tanto es importante mantener el DO a niveles óptimos por encima de 4.0 ppm. El ciclo dinámico de Oxígeno de los estanques fluctúa durante el día debido a la fotosíntesis y respiración del fitoplancton (Figura 1).



Como se muestra en la Figura 1 un máximo de DO ocurrirá por la tarde debido al crecimiento de O₂ durante el día a través de la fotosíntesis. Como el fitoplancton (algas microscópicas) usualmente consume la mayoría del O₂ y debido a que la fotosíntesis no ocurre durante la noche, los niveles de DO declinan. Un DO críticamente bajo ocurre en estanques específicamente cuando la plenitud de las algas decae. La subsecuente descomposición bacteriana de las células de algas muertas demanda muchísimo Oxígeno. Manejar el equilibrio de la fotosíntesis y la respiración así como también el crecimiento de algas – es una importante tarea en el trabajo diario de un acuicultor.

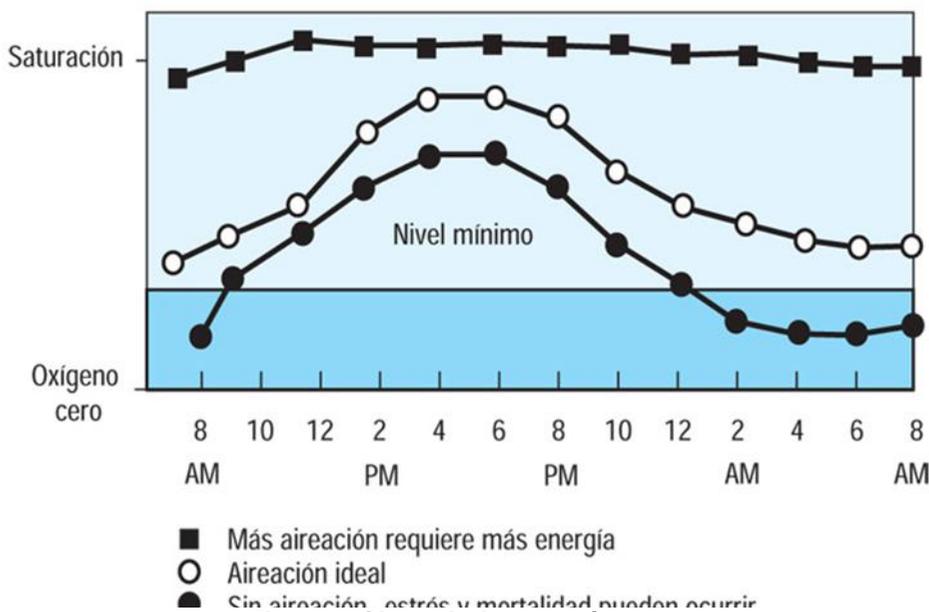


Figura 1 Ciclo diario del oxígeno

2.2. Temperatura

La temperatura es otro parámetro de suma importancia en la calidad del agua. Los peces y camarones son considerados como organismos heterotérmicos o poiquilotérmicos, de sangre fría. Ellos no pueden mantener una temperatura elevada y constante en sus cuerpos. Así, la temperatura de sus cuerpos es una reflexión de la temperatura del agua. La temperatura corporal de peces y camarones influye, en gran parte, su tasa metabólica y ritmo de crecimiento.

Debajo de 23° C su desarrollo es lento o retardado debido a un descenso en su tasa metabólica. Cuando la temperatura del agua sobrepasa los 32°C, los peces y camarones tendrán metabolismos muy acelerados. Aunque su crecimiento puede ser muy rápido, el agua caliente no tiene mucha capacidad de mantener oxígeno en solución, a pesar de que es un momento cuando el pez o camarón requiere una gran cantidad de oxígeno para sostener su tasa elevada de metabolismo.[2]

2.3. El PH

El pH representa una medida de la concentración de iones de hidrógeno, o protones (H⁺), en el agua. El valor de pH = -log [H⁺], o es igual al logaritmo negativo de la concentración de protones presentes en una muestra de agua.



La escala de pH es de 0 a 14. Un valor de siete es considerado neutro. Los valores por debajo de siete indican una concentración elevada de protones y condiciones de acidez. Los valores arriba de siete indican una baja concentración de protones y condiciones básicas o alcalinas.

El pH de aguas naturales es modificado en gran parte por la concentración de bióxido de carbono en solución. El CO₂ actúa como ácido en el agua. Su acumulación tiende a bajar el pH del agua provocando la formación de protones adicionales.

Es importante mantener un pH estable a un rango seguro porque esto afecta el metabolismo y otros procesos fisiológicos de los organismos de cultivo. Puede crear estrés, aumentar la susceptibilidad a enfermedades, disminuir los niveles de producción y causar un pobre crecimiento y aún muerte. Signos de un pH sub-óptimo son, además de otros, mucosidad aumentada en la superficie de las agallas del pez, comportamiento de natación inusual, aletas raídas, daños a los ojos así como también pobre crecimiento del fitoplancton y del zooplancton. Los niveles óptimos de pH en el estanque deben estar en el rango de 7.5 – 8.5.

La concentración de CO₂ en el agua también influencia el pH, por ejemplo: un incremento en el CO₂ disminuye el pH, como ya hemos mencionado anteriormente (Diagrama 1). Como el fitoplancton en el agua utiliza CO₂ para la fotosíntesis, el pH variará naturalmente a través de las horas diurnas. El pH es generalmente más bajo al amanecer (debido a la respiración y liberación de CO₂ durante la noche) y más alto en la tarde cuando la utilización de CO₂ de las algas está en su apogeo. Las aguas de moderada alcalinidad están más amortiguadas y hay un grado menor de variación de pH. [2]

Por mencionar algunos de los parámetros que se medirán en el desarrollo de este prototipo, los cuales son de vital importancia en el trabajo de los estanques, ya que si alguno no se encuentra en los estándares, puede causar problemas en los animales que en estos se reproducen.

2.4. Arduino

Para medir los parámetros mencionados anteriormente una buena opción es a través de las interfaces Arduino, figura 2. Que es definido como un computador de tarjeta, este tiene características de los computadores que son necesarios para el proceso de información y envío de datos y desprecia características que no son necesarios como aplicaciones de la pantalla del computador y la reproducción de música, por eso este sistema puede ser tan eficiente como un computador en un espacio muy compacto y en un precio bajo. El sistema a está basado principalmente en una tarjeta electrónica que cuenta con un microprocesador. Además presenta la posibilidad de ensamblar, diferentes tarjetas a una tarjeta principal, de manera de agregar más aplicaciones. [3]



Figura 2 Tarjeta Arduino

Sus principales características son:

- Basado en microcontrolador ATmega 328, funcionando a 16MHz.
- Memoria SRAM de 2KB
- Memoria Flash de 32KB
- Memoria EEPROM de 1KB
- 14 entradas y salidas digitales
- 6 entradas y salidas analógicas
- Conexión USB para comunicación con un ordenador y alimentación.
- Diversos módulos de expansión, incluyendo módulos de comunicación para Ethernet, Wifi, Bluetooth, ZigBee o GPRS, así como módulos GPS y de ampliación de memoria.
- Programación mediante herramientas libres y gratuitas, disponibles para los principales sistemas operativos.
- Coste reducido, al basarse en componentes simples disponibles comercialmente en grandes cantidades.

2.5. Sensor de humedad y temperatura SHT15



Figura 3 Sensor de humedad y temperatura

En la figura 3 se muestra la tarjeta breakout para el sensor de humedad y temperatura SHT15 de Sensirion. Está perfectamente calibrado por lo que ofrece alta precisión y estabilidad en mucho tiempo a un bajo costo. Empleando tecnología digital CMOSens integra dos sensores y circuitería de lectura en un solo chip.



Características:

- Sensores calibrados para humedad y temperatura
- Interfaz digital 2-wire .
- Rango de medición 0-100% RH
- Exactitud absoluta: +/- 2% RH (10...90% RH)
- Repetibilidad RH: +/- 0.1% RH
- Exactitud de temperatura: +/- 0.3°C @ 25°C
- Tiempo de respuesta < 4 sec.
- Bajo consumo de potencia (30 µW)
- Bajo costo
- Alta precisión
- Tecnología CMOSens

La interface de datos con el sensor requiere únicamente de 2 pines, un pin de reloj (SCK) y un pin de datos (DATA), figura 4.

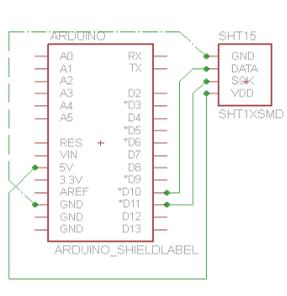


Figura 4 Interface de datos

2.6. Sensor de temperatura DS18B20 sumergible

Funciona en el rango de temperatura de -55 a 125 °C, la resolución de la temperatura es de 0.5 °C, soporta lecturas multipunto del tipo mesh networking. El DS18B20 puede desplegarse en tres líneas, para alcanzar lecturas multipunto. Tiene comunicación serial de 9-12Bits. [5]

Este sensor puede ser conectado directamente al Shield de Expansión Arduino.

Especificaciones

- Voltaje de entrada: 5VDC
- Interface: Digital
- Definición de pines
 - (1) Salida
 - (2) Alimentación
 - (3) Tierra
- Interface: 3 pines JST
- Peso: 5 gramos

Igual que los sensores anteriores, no menos importantes, también se incluirán en el proyecto los de PH y oxígeno, esto en la parte hardware, que además incluye una computadora con servicio de red. Por la parte de software, se contempla utilizar un Servidor Web, base de datos Mysql y el entorno de desarrollo NetBeans. Estas tecnologías son ampliamente utilizadas en proyectos Webs, su uso está ampliamente documentado, los tres son software libre.



2.7. Servidor Web Apache

Apache es el servidor web hecho por excelencia, su configurabilidad, robustez y estabilidad hacen que cada vez millones de servidores reiteren su confianza en este programa.

La historia de Apache se remonta a febrero de 1995, donde empieza el proyecto del grupo Apache, el cual está basado en el servidor Apache httpd de la aplicación original de NCSA. A continuación vamos a enumerar las principales características del servidor web Apache:

- Multiplataforma: Multitud de sistemas operativos tienen una versión disponible, a diferencia de IIS.
- Gestión avanzada de indexación y alias de directorios
- Negociación avanzada de los contenidos que gestiona el servidor: Se permite manipular los mismos antes o después de servirlos, prohibir determinados tipos de contenidos, etc.
- Sistema de notificación de errores HTTP altamente configurable.
- Ejecución SetUID de programas CGI: Ejecutar los programas bajo la identidad del usuario que deseamos, permitiendo así un mayor nivel de seguridad.
- Manejo de recursos avanzado para procesos hijo que sirven peticiones. Varios módulos de multiprocesamiento o MPM permiten adaptar el funcionamiento interno de Apache a las características de un sistema operativo o una necesidad concreta.[6]
- Ocultación avanzada de la estructura física de las webs procesadas, mediante URL rewriting, usando mod_rewrite: Un mod complejo de Apache que permite manipular a nuestro antojo la URL de una web servida (<http://httpd.apache.org/docs/2.0/misc/rewriteguide.html>)
- Posibilidad de chequeo avanzado de sintaxis de la URL, incluyendo caracteres espurios que son fuentes frecuentes de ataques como SQL Injection, Command Injection, XSS, etc.

2.8. Servidor de base de datos Mysql

MySQL es un sistema de administración relacional de bases de datos. Una base de datos relacional archiva datos en tablas separadas en vez de colocar todos los datos en un gran archivo. Esto permite velocidad y flexibilidad. Las tablas están conectadas por relaciones definidas que hacen posible combinar datos de diferentes tablas sobre pedido.

MySQL es software de fuente abierta. Fuente abierta significa que es posible para cualquier persona usarlo y modificarlo. Cualquier persona puede bajar el código fuente de MySQL y usarlo sin pagar. Cualquier interesado puede estudiar el código fuente y ajustarlo a sus necesidades. MySQL usa el GPL (GNU General Public License) para definir qué puede hacer y qué no puede hacer con el software en diferentes situaciones. Si usted no se ajusta al GPL o requiere introducir código MySQL en aplicaciones comerciales, usted puede comprar una versión comercial licenciada. [7]

2.9. Método Propuesto

Diseño del sistema

El sistema de monitoreo propuesto está basado en la adquisición, procesamiento y visualización de datos, como se muestra en la figura 5.

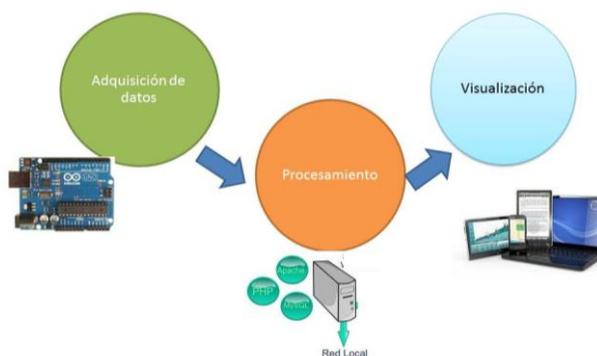


Figura 5 Método propuesto

2.10. Adquisición de datos

Para la adquisición de datos se utilizara una tarjeta Arduino Uno, la que nos permitirá interactuar con los diversos sensores de medición del proyecto, además apoyara con la conversión de las señales analógicas-digital. Esto se realizara a través del puerto serial de la computadora.

2.11. Procesamiento

La información recabada de los sensores será procesada y almacenada en una base de datos Mysql, con la ayuda del lenguaje de programación PHP. Lo que permitirá que esta información este habilitada para ser accesada desde cualquier nodo de la red institucional de la universidad.

2.12. Visualización

Al estar configurado y disponible un servidor web, la información del sistema de monitoreo estará disponible para ser mostrada en la red por medio del protocolo ip, ya sea desde una computadora de escritorio, una laptop o un dispositivo móvil, esto con el fin de que los encargados de los estanques puedan estar informados sobre las condiciones de los parámetros de los estanques en todo momento.

En ningún caso será necesaria una configuración extra en los equipos que visualicen la información del sistema. Para los dispositivos móviles se dispone de la red inalámbrica

3. Resultados esperados y Conclusiones

Uno de los resultados esperados de este prototipo es la colaboración de las carreras de Ingeniería de Software y Acuicultura, además de apoyar en la automatización de sus procesos llevados a cabo en la medición de parámetros en los estanques.

Se han analizado dispositivos de medición de parámetros, que resultan bastantes onerosos, por lo que consideramos que el prototipo propuesto será portable, tendrá bajo costo, desarrollado con herramientas tecnológicas de software libre.

El trabajo siguiente será desarrollar el prototipo para realizar pruebas piloto para realizar la evaluación del mismo.



REFERENCIAS

- [1]. Elisabeth Mayer MSc, de BIOMIN Holding GmbH, 2010
- [2]. La Calidad de Agua Dr. Daniel Meyer. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, 2003
- [3]. Arduino. Arduino Uno <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. Consultado en enero de 2013
- [4]. Sensor digital de humedad y temperatura (SHT15) <http://www.cosasdeingenieria.com/esp/index/item/49/73/sensor-digital-de-humedad-y-temperatura-sht15> Consultado en diciembre de 2012
- [5]. Sensor de temperatura DS18B20 sumergible <http://www.mabisat.com/sensores/1441-sensor-de-temperatura-ds18b20-sumergible.html> Consultado en enero de 2012
- [6]. José Manuel Redondo López, Francisco Ortín Soler. ADMINISTRACIÓN DE SERVIDORES WEB Características Principales del Servidor Apache, 20120
- [7]. Manual de referencia Mysql. <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/> consultado en enero de 2012
- [8]. Sistema de Monitoreo Remoto de Señales de ECG y Temperatura Corporal



SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Felipe Alfonso Ordoñez García, José de Jesús García Cortés
José Osiris Isaí Gutiérrez Parvol, Jesús Eloin Pérez Baltazar,
Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán

alfonso777@hotmail.com, lctg_jesusgc@hotmail.com,
razgriz_two@hotmail.com, eloinbp@hotmail.com

RESUMEN

En los últimos años en México, y en especial los estados como Jalisco, Michoacán y Querétaro, en sus diferentes niveles de gobierno ha promovido la implementación de invernaderos como un detonador en la generación de empleos y oportunidades entre los diferentes estratos de la sociedad impulsando la actividad económica. Una gran mayoría de esos nuevos centros de productividad carecen de tecnificación.

En los procesos agrícolas y en especial en un espacio cerrado como en un invernadero es importante el microclima, y por ello necesario medir variables por ejemplo algunas de sus variables: pH, Conductividad, Humedad, Temperatura, CO₂, Radiación solar. En esta investigación se eligió humedad y temperatura.

Aunque fue diseñado para uso en invernaderos y cubre sus expectativas principales, también es importante mencionar que no requiere de ajustes extras para su correcto funcionamiento en otros procesos industriales que no sean de misión crítica.

La primera fase del proyecto se diseñó el sistema de adquisición de datos que muestra los valores del sensor de temperatura y humedad para un invernadero. (En esta parte fue necesario realizar el acondicionamiento de señal). Para posteriormente con dicha adquisición de datos, implementar una interfaz que permitió realizar el análisis sobre las variables de la humedad y temperatura del invernadero del ITCG, y con ello tener una herramienta para la toma de decisiones al momento de decidir acciones a los procesos agrícolas (por ejemplo: cerrar y abrir las cortinas dentro del invernadero, activar la calefacción, o algún otro proceso para bajar o subir la temperatura), y con ello poder evitar el desperdicio de energía eléctrica, gas butano o algún otra fuente de energía, por otra parte se puede evitar la pérdida de la producción debido a cambios bruscos de las variables climáticas.

En la segunda fase del proyecto después de reflexionar que hoy en día la tecnología inalámbrica se está convirtiendo cada vez más popular debido a su bajo costo y facilidad de uso, y en los procesos agrícolas son más intensivos en un invernadero y que lo alámbrico perjudica, es por esa razones que en el desarrollo del hardware se optó por seleccionar un el modulo del dispositivo inalámbrico XBee, que integran un transmisor - receptor de ZigBee de bajo consumo y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla. La interface gráfica de usuario en una primera fase se eligió desarrollarla en el lenguaje Visual Basic 2010 para el sistema operativo Windows, debido a su amplio uso, así lograr mejorar la productividad y facilitar las tareas de los encargados de un invernadero.



INTRODUCCION

La realización de este proyecto apoyará a las actividades de aprendizaje de los estudiantes que hagan uso de las instalaciones del invernadero, al proveer un medio para la obtención y transmisión de los datos que ayudarán al desarrollo de sistemas de automatización, así mismo ayudará al aprendizaje relacionado a los medios de telecomunicaciones que se usan actualmente y al manejo señales digitales y análogas.

En el invernadero del Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán se cuenta con sensores de temperatura y humedad, se necesita una solución que permita la obtención de los datos y un medio para transmitirlos a una computadora para su procesamiento y análisis

Después de haber realizado un profundo análisis de las herramientas existentes para el control de tráfico de humedad en el interior del invernadero, se concluyo que seria conveniente usar los módulos XBee, se podrá utilizarlo por medio de un servidor en cual se tenga un sistema operativo con alguna distribución de Linux o Windows.

MATERIALES Y METODO

En el desarrollo del hardware se opto por dispositivo la tecnología XBee, el la cual se integran un transmisor - receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla. Las comunicaciones ZigBee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. La velocidad de transmisión de datos de una red ZigBee es de hasta 256kbps. Los módulos XBee utilizados en este proyecto son ampliamente disponibles, el uso de un protocolo de transmisión fiable y requiere una tasa de datos suficiente para la dispositivos de los proyectos de invernadero. Adicionalmente se utilizo el Microcontrolador PIC, uno para el receptor y otro para el transmisor, además de dos módulos XBee, los cuales son mecanismos de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. uno para el receptor y otro para el transmisor. En el siguiente diagrama muestra la estructura electrónica que presenta el transmisor del XBee.

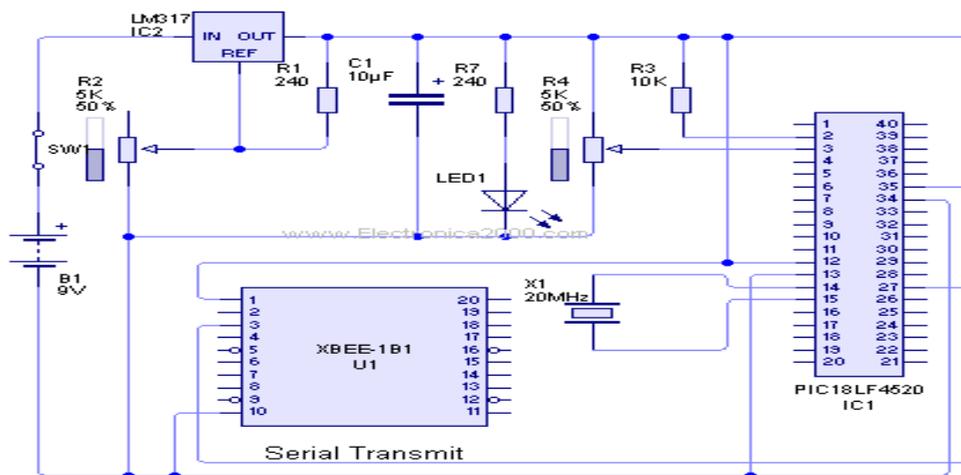


Figura 1.- Diagrama del Transmisor



En la siguiente figura se muestra la estructura electrónica del receptor del XBee.

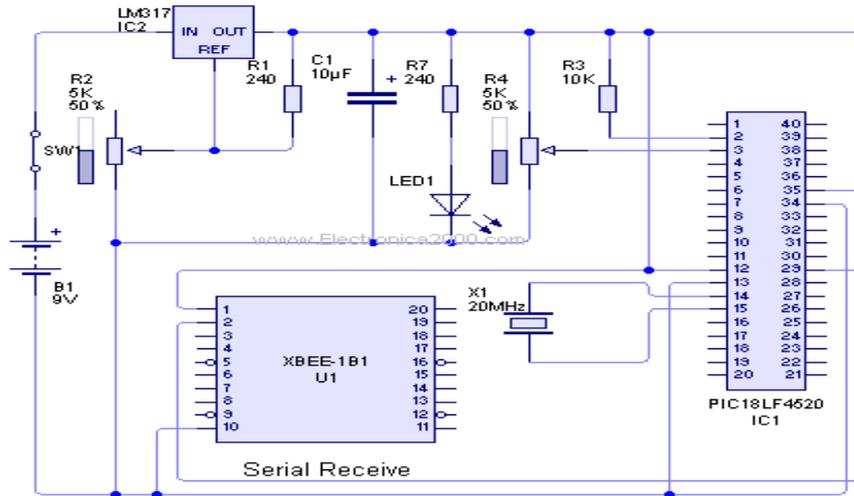


Figura 2.- Diagrama del receptor

El sensor de humedad que está en uso en el invernadero es el modelo TRH-302 de la marca GOnDO, el cual da la salida de datos en el formato de corriente de 4-20mA, tiene un rango de 0-100% humedad relativa y 0-100 grados centígrados para temperatura.

En la siguiente figura se muestra la forma física del sensor de humedad TRH-302.

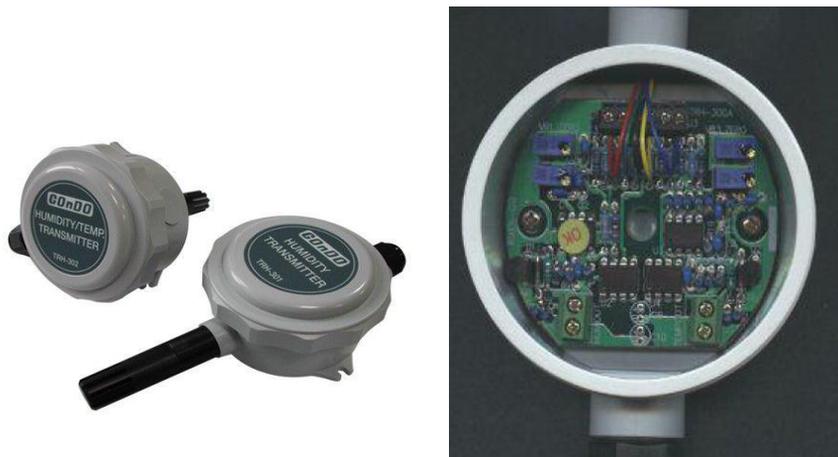


Figura 3.-Sensor de temperatura y humedad CONDOR

Circuito conversor de corriente a voltaje

El conversor de corriente a voltaje se conoce también como amplificador de transimpedancia, llegada a esta corriente la transforma en un voltaje proporcional a esta, con una impedancia de entrada muy baja, ya que está diseñado para trabajar con una fuente corriente.

Se construyó un circuito para realizar la conversión de los 4-20mA que da el sensor. El circuito recibe una corriente y la hace pasar por una resistencia de 250 ohms, lo cual por la ley de ohm resulta en un nivel de voltaje en la salida, proporcional al de la corriente aplicada.



Si se utiliza la ley de Ohm se podría lograr un convertidor tensión corriente. Ver la fórmula: $I = V/R$, donde la relación entre la corriente y la tensión está dada por $1/R$. Pero en este caso la corriente dependerá de la resistencia de carga.

Una vez que tenemos la señal del sensor convertida a voltaje, se utilizará un conversor analógico al digital para hacer el proceso de los datos, dicho conversor está dado por el PIC 18f4550 el cual cuenta con el hardware necesario para realizar la conversión.

RESULTADOS Y GRÁFICAS

Se logro realizar la entrada seleccionada se aplica a la señal analógica a un condensador de captura y mantenimiento y luego dicho valor se introduce al conversor, usando la técnica de aproximación sucesiva que proporciona un resultado digital equivalente de 10 bits.

El siguiente diagrama muestra como está constituido el PIC utilizado en el sensor de humedad.

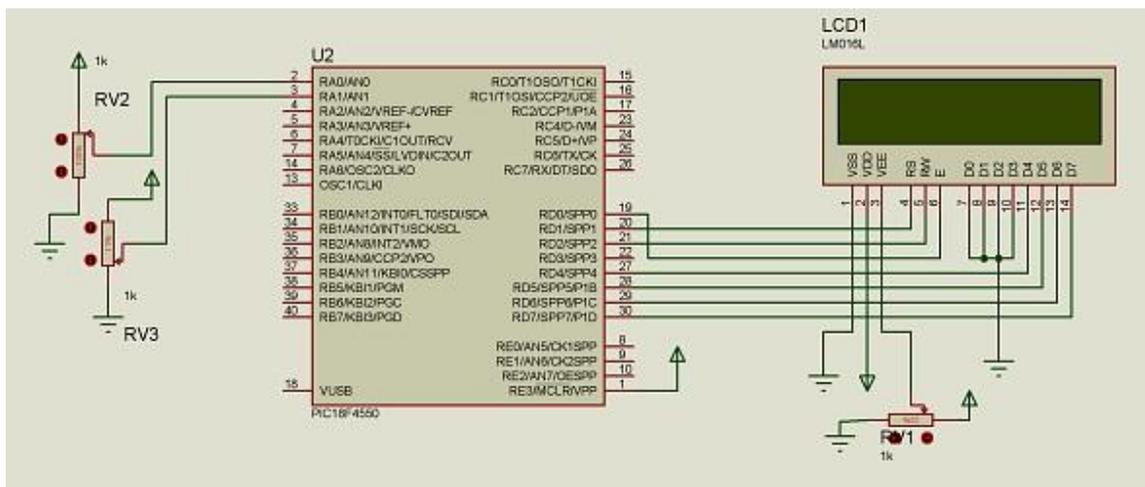


Figura 4.- Diagrama del circuito del PIC utilizado para el sensor

El convertidor de analógico a digital, fue armado como lo muestra la siguiente imagen logrando realizar una conversión de mA a volts.

En la siguiente figura se muestra la elaboración del circuito convertidor analógico – digital en proto.

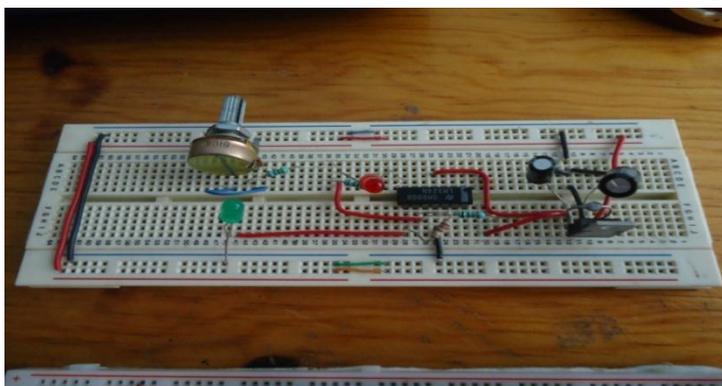


Figura 5.-Circuito Conversor analógico – digital



Resultados

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos y satisfactorios para la realización del circuito analógico- digital y de las diferentes practicas que se realizaron para llegar a estos

°C	mA	Resultado
100	20	5.33 volts
75	16	4.27 volts
50	12	3.21volts
25	8	1.87 volts

Tabla 1.- Resultados sobre las prácticas realizadas.

En la siguiente grafica muestra los valores realizados que se obtuvieron del PIC en cuanto a la entrada y salida de datos.

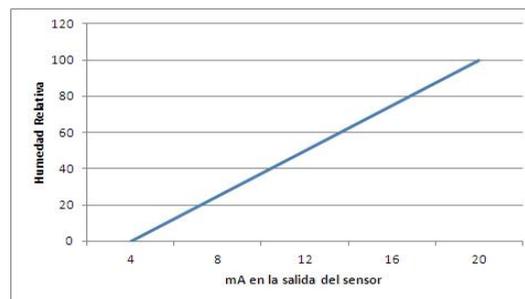


Figura 6.-Gráfica de resultados con los valores realizados.

Se realizo el código que dio como resultado la conversión analógica, para realizar la entrada de datos del sensor, la conversión análoga digital y la trasmisión de los datos por medio de los módulos XBee. Posteriormente se logró el resultado de la medición de la humedad del sensor y se manda a imprimir un resultado en la pantalla de la computadora y se hace la trasmisión de datos por los XBee. Para posteriormente realizar las funciones cuyo objetivo es de hacer el cálculo del valor de humedad, tomando en cuenta el valor medido del conversor análogo digital. Esta función dentro del programa realizado tiene el objetivo final el de actualizar la pantalla LCD para que muestre la información de los sensores ya procesada y con el valor real de la temperatura y humedad.

Interfaz de datos del sensor por la Computadora.

En lo referente al software se utilizó el software X-CTU para recibir y visualizar los datos provenientes del XBee transmisor al receptor. En la figura 7 se muestra la interfaz del software donde se muestran los datos recibidos en formato hexadecimal.

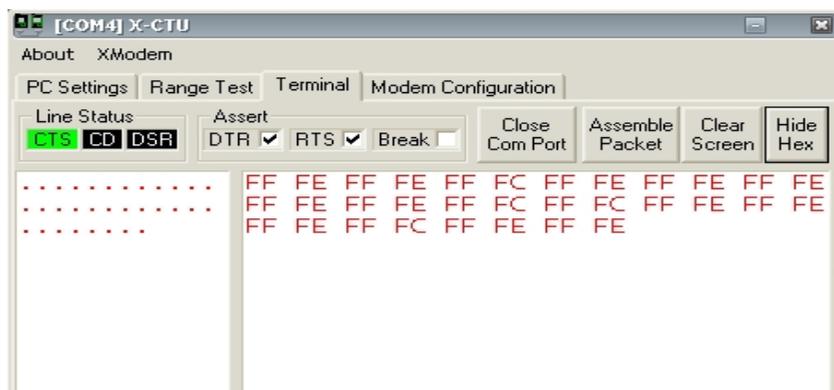


Figura 7.- Pantalla de Interfaz del software del Sensor

Resultados del sensor de humedad para invernadero inteligente.

Para lograr un resultado satisfactorio y de gran utilidad para la producción del invernadero del ITCG, después de haber realizado las conversiones de analógico al digital se optó por la transmisión de datos por medio del XBee y un PIC previamente programado, el cual ayudo a transmitir los datos de forma inalámbrica forma usual y mejor opción para el ambiente del invernadero. Lográndose la comunicación entre la PC y el Modulo XBee en el envío de datos que requiera el usuario en su momento. Por último se dispuso un regulador que ayudo en la regresión contra alguna regresión de voltaje. A continuación se muestran dichos resultados obtenidos en las siguientes imágenes.

En la Figura 8, muestra el circuito elaborado junto con el PIC integrado para el envío de datos.

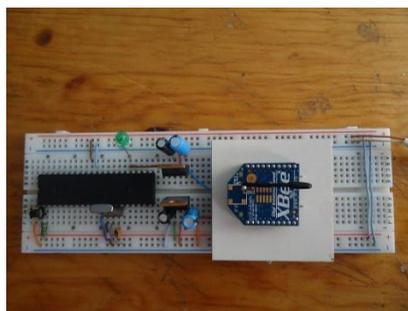


Figura 8.- Circuito XBee y Pic integrado

En la siguiente figura se muestra el modulo por el cual se realizo la comunicación entre una computadora y otra computadora.



Figura 9.- Dispositivo de comunicación entre la Computadora

Se logró realizar la comunicación entre la PC y el dispositivo de modulo seleccionando logrando así establecer el envío de datos del módulo XBee a la computadora. Como se muestra a continuación en la imagen. En la siguiente imagen que se muestra a continuación se muestra la comunicación que se realiza con la computadora y el modulo XBee.



Figura 10.-Comunicación del Módulo XBee con la PC.

Comunicación de datos Computadora y sensor.

La comunicación que se realizó entre la computadora y el sensor fue un resultado satisfactorio ya que cubrió con los requisitos establecidos en los objetivos mencionados al iniciar el proyecto. En la figura que sigue a continuación muestra la transmisión de datos por medio del módulo XBee.



Figura 11.- Computadora transmitiendo datos del XBee

En la siguiente figura muestra los resultados obtenidos del módulo XBee.

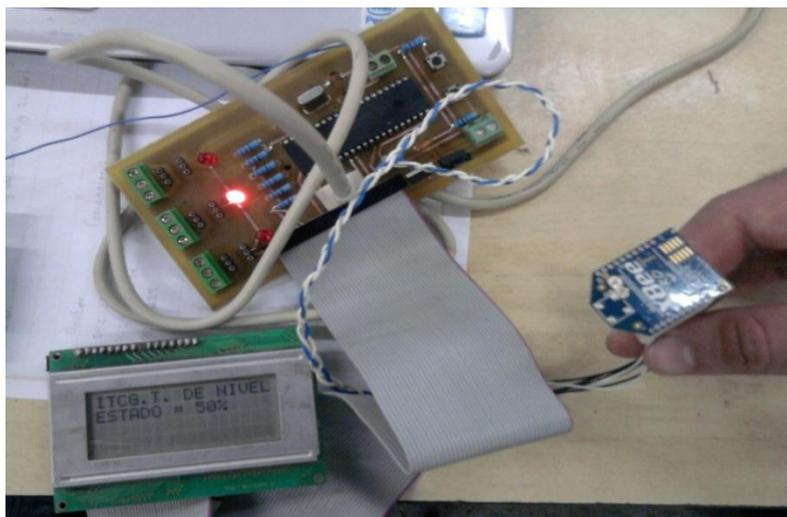


Figura 12.- Figura de resultados obtenidos de la PC y el sensor.

Resultado del análisis entre el sensor y la computadora.

El módulo XBee Recibe emisor una señal de 4 a 20 mA, y genera una salida digital que es enviada al módulo XBee receptor , luego la recibe la señal a través de otro modulo se interpreta y se muestra el resultado. Los módulos XBee nos sirvieron para el envío de datos inalámbricamente.

Software e Interfaz Gráfica en la PC

Para mostrar los datos obtenidos del dispositivo en la computadora, se desarrolló un software Como se aprecia en la figura 13, en software se muestra el valor de la temperatura y humedad relativa que resulta una vez realizado el cálculo dependiendo de los valores (mA), que recibe del



sensor, los cuales también se muestran y el voltaje una vez que la señal pasa por el convertidor análogo-digital.



Figura 13.- Interfaz grafica de usuario del software en pc

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema de datos desarrollado en este proyecto es un sistema básico para invernaderos, ya que se desarrollo para cubrir una necesidad del invernaderos que se encuentra ubicado en el interior del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán y aunque puede ser utilizado en algún proceso industrial donde la exactitud de los datos obtenidos no sea muy critica, no es muy recomendable ya que requiere de algunos ajustes extras para su correcto funcionamiento

El costo total del proyecto es muy bajo en comparación con otros sistemas como por ejemplo: Microlab, DAQ-6024E, NI USB-6009, NI USB -621, entre otras por lo que resulta más fácil adquirir o desarrollar un proyecto de este tipo, para que los alumnos reafirme los conocimientos adquiridos en clase , practicando y comprobando directamente sobre un sistema físico.

La interface grafica desarrollada muestra la flexibilidad y facilidad en el manejo de la información, las comunicaciones inalámbricas en un invernadero y diferentes procesos agrícolas es mejor utilizarlo sin cables; debido a que los dispositivos pueden ser movilizadas dentro de una zona determinada. Además, no habría ningún costo adicional causado por el tiempo de inactividad de recableado. Tampoco habría ninguna interrupción en el resto del sistema cuando los dispositivos adicionales necesitan ser añadido en dispositivos o necesitan ser eliminados del sistema.

Al realizar este proyecto de sensor de temperatura y humedad para invernadero se cumplió con los objetivos planteados al principio del proyecto, los cuales eran: descripción de la lógica de funcionamiento del conversor, medidas de las principales señales en el circuito y comparación entra las presentaciones facilitadas por los tres tipos de conversores.



11. REFERENCIAS

- MaYuquan, Han Shufen, Wang Qingzhu. **New Environment Parameters Monitoring and Control System for Greenhouse Based on Master-Slave Distributed.** 2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering. paper 0554369
- Robert Faludi, *Building Wireless Sensor Networks* (Ed. O'Reilly), 320 pags, (2010)
- Jose Ma. Angulo Usategui, Susana Romero Yesa, Ignacio Angulo Martinez, *Microcontroladores Pic: Diseño Practico de Aplicaciones* (Mc Graw Hill), 280 pags, (2010)
- Eduardo Garcia Breijo, *Compilador C CCS y Simulador Proteus Para Microcontroladores PIC (Alfa Omega) (2001)*
- R.J. Martínez, J.A. Boluda, J.J. Pérez, *Estructura de computadores y periféricos. (RA-MA), 1ª edición 2001.*
- Jan Axelson, *USB complete* (Lakeview) 1ª] edition 1999.
- G. Martin C.W. Dawson, *El proyecto fin de Carrera en Ingeniería Informática, Una guía para el estudiante.* (Prentice –Hall) 1ª edición, 2002.
- R.J. Martínez J.A. Boluda J.J. Pérez, *Estructura de computadores y periféricos. (RA-MA), 1ª edición 2001..*
- Manual XBee [PDF] ftp://ftp1.digi.com/support/documentation/90000982_A.pdf



SOFTWARE PARA ADQUIRIR Y GRAFICAR UNA RED DE SENSORES EN UNA ALMOHADILLA

**Elsa Cortés Rito, Oswaldo Alquisiris Quecha,
Ignacio Algreto-Badillo, J. Jesús Arellano Pimentel**
Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel: 01-971-5224050.
Elsa_Cortes.R@hotmail.com, oaq92@hotmail.com,
{algretoBadillo, jjap}@sandunga.unistmo.edu.mx

RESUMEN

En la actualidad existen determinados factores que afectan a los seres humanos en alguna actividad como cuando una persona se sienta en una silla, se pueden presentar dolores de espalda por mantener una mala postura o humedad y temperatura que genera esa persona en contacto con la superficie. De esta manera, es necesario diseñar un sistema de software para medir, graficar y registrar fuentes de información de temperatura, presión y humedad. Las fuentes de información son multiplexadas por 3 canales de comunicación por medio de una tarjeta de adquisición de datos denominada EasyUSB IO a través del puerto USB. El sistema está diseñado en dos aplicaciones, bajo los entornos de Visual Basic y Visual C# 2010, comunicadas entre sí por medio de archivos para medir datos en tiempo real y guardar un registro de fecha, hora y dato de cada sensor, generando un reporte de los cambios de información.

ABSTRACT

It is common that people are affected in some way by certain activities, for instance back pain from sitting due to poor posture or humidity and heat from the contact with the surface of the seat. Thus it is necessary to design a software system to measure, present in graphs and register data about temperature, pressure and humidity. The sources of the data are multiplexed through 3 communication channels using an EasyUSB IO as a data acquisition board through a USB port. The system is designed for two applications, with Visual Basic and Visual C# 2010. These applications communicate between themselves through files to measure data in real time and save it in a register with the date, hour and data from each sensor. It will then generate a report about the changes in data.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, varias personas a temprana edad padecen de diversos malestares, uno de ellos son los dolores de espalda que en la mayoría de las veces es por mantener una mala postura al momento de sentarse en una silla, esto se debe a que en varios casos se carga todo el peso del cuerpo en un solo lado, ocasionando un desbalance en la columna vertebral. Otros factores que pueden provocar enfermedades como llagas o úlceras de presión son la humedad y la temperatura que genera esa persona en contacto con la superficie. El número de personas con estos problemas se ha incrementado en el mundo moderno, ya que gran cantidad de los trabajos se realizan en oficinas, escuelas, casas al utilizar una computadora, etcétera. Lamentablemente, se incluyen las personas con capacidades diferentes, sobre todo a aquellas que necesitan de una



silla de ruedas para realizar sus actividades. Estas personas son las más afectadas ya que al tener dificultades para moverse, sentarse o acostarse, se mantienen en una sola posición por mucho tiempo [1].

Independientemente de la capacidad diferente de cada persona, otros individuos al momento de sentarse no llevan un buen control de la postura, lo que origina diversos problemas de salud, que en los casos más graves pueden llegar a causar la muerte. Con la tecnología actual, es primordial diseñar sistemas que sean capaces de mejorar la calidad de vida de las personas. Es importante prevenir estos problemas, así como contribuir a sanarlos si están presentes.

Por lo tanto, el diseño de un sistema que permita medir y analizar las variables que provocan este tipo de problemas es fundamental para tomar acciones de control encaminadas a resolverlos. Es por ello que se desea diseñar y desarrollar un sistema de software que obtenga información del mundo real a través de una red de sensores en una almohadilla para que esta información proporcionada ayude en estudios posteriores. Por ejemplo, realizar acciones conforme al análisis verificando la distribución del peso del cuerpo al momento de sentarse. Esta información se reflejará de manera gráfica para comprender y analizar fácilmente la postura de cada persona y así orientarla a tomar otra posición en la cual se equilibre el peso y la alineación de la columna vertebral. Las acciones de control podrán ser avisos en pantalla o un subsistema de motores en el asiento para balancear el peso de manera directa. De la misma manera, se controlará la temperatura y mejorará la ventilación a través de un subsistema de regulación por debajo de la almohadilla.

2 ANTECEDENTES

Debido a las diversas necesidades que se presenta hoy en día, se busca una manera de realizar con mayor precisión y rapidez las diferentes tareas y necesidades que tiene el ser humano, así como facilitar el trabajo a los empleados en las empresas, lo que incluye el mejoramiento de la calidad de vida, a través de un sistema de control o automatización con avances tecnológicos..

En la industria existen casos donde se han implementado diversos proyectos al respecto, tal es el caso de una industria automotriz que a través de un sistema de hardware con sensores de temperatura desarrollaron un software de monitoreo [2]. Bajo los entornos de los lenguajes de programación C# y ASP.NET en conjunto con las herramientas de Measurement Studio 8.1. La meta es adquirir datos por medio de una tarjeta y que la temperatura sea monitoreada en tiempo real. De esta manera, al analizar esta información permita al usuario verificar el desempeño de prueba desde cualquier punto de la empresa o fuera de la misma a través de una aplicación Web (Internet). Los lenguajes que se utilizaron para la aplicación de monitoreo y de la aplicación Web, son lenguajes que permiten desarrollar aplicaciones de medición y automatización de forma visual de manera rápida y sencilla, esto gracias a la gran variedad de elementos y componentes disponibles.

El objetivo del proyecto de la industria automotriz es permitir al usuario realizar un sistema de monitoreo de forma automatizada de tal manera que proporcione información en tiempo real y permita al usuario verificar los valores obtenidos de una prueba de temperatura durante un determinado periodo de tiempo y presentarlo a través de interfaces gráficas, y así facilitar el trabajo para los empleados.



También otro caso de estos proyectos es acerca de un sistema que permite realizar el monitoreo y control remoto con acceso inalámbrico a procesos industriales [3]. Pasando por una etapa de adquisición de datos de señales analógicas y una conversión del dato a digital para implementar una comunicación bidireccional inalámbrica. Posteriormente, hay una comunicación del proceso con una estación remota a través de un dispositivo serial, el cual convierte los datos a protocolo Ethernet y de esta manera permite que el proceso pueda ser montado sobre cualquier red de datos. La interfaz gráfica de monitoreo y control es implementada bajo el software de LabView. Este sistema es de gran aplicabilidad ya que permite la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros.

Revisando esos trabajos relacionados y de la misma manera, la intención del proyecto propuesto del sistema de software para adquirir y graficar una red de sensores en una almohadilla es para facilitar a las personas llevar un control de forma rápida, sencilla y en tiempo real de la información que se genera a partir de un sistema de hardware con sensores de temperatura, presión y humedad. En este caso el software está desarrollado en Visual Basic 2010 y Visual C# 2010. Con el objetivo de presentar la información de forma gráfica y visual a través de una computadora para conocer cómo van cambiando dichas variables al permanecer mucho tiempo sentado en una silla en la misma posición o por mantener una mala postura.

3 SISTEMA PROPUESTO

Hoy en día, la acción de sentarse está involucrada en la mayoría de los trabajos que el ser humano realiza y, dado que las personas pueden estar sentadas mucho tiempo, en algunos casos a los individuos se les dificulta mantener una buena postura con una posición correcta y erguida. Adicionalmente, es necesario evitar la temperatura y humedad que se genera cuando la persona hace contacto con la superficie donde se sienta. Por la misma razón, todos estos factores generan malestares y con el tiempo se van convirtiendo en problemas que van afectando la calidad de vida de las personas si no se atienden a tiempo.

En este sentido, se desea diseñar y desarrollar un sistema de software para adquirir, leer y presentar gráficamente la información adquirida en la pantalla de una computadora bajo los entornos de Visual Basic 2010 y Visual C# 2010. Por medio de la información que proviene de una almohadilla equipada con 24 sensores, los cuales se dividen en 12 sensores de temperatura, 7 de presión y 5 de humedad, este sistema permitirá medir los datos en tiempo real y guardar un registro de la fecha y la hora generando un reporte de los cambios de información de cada sensor o grupos de sensores de la almohadilla.

Lo que se propone es lo siguiente:

- Diseñar e implementar la interfaz en Visual Basic 2010 para adquirir y registrar los datos de las señales analógicas incorporadas en la almohadilla.
- Diseñar e implementar la interfaz en Visual C# 2010 de cada grupo de sensores para leer la información registrada y presentarla por medio de objetos gráficos en tiempo real.



La Figura 1 muestra el diagrama de bloque del sistema propuesto.

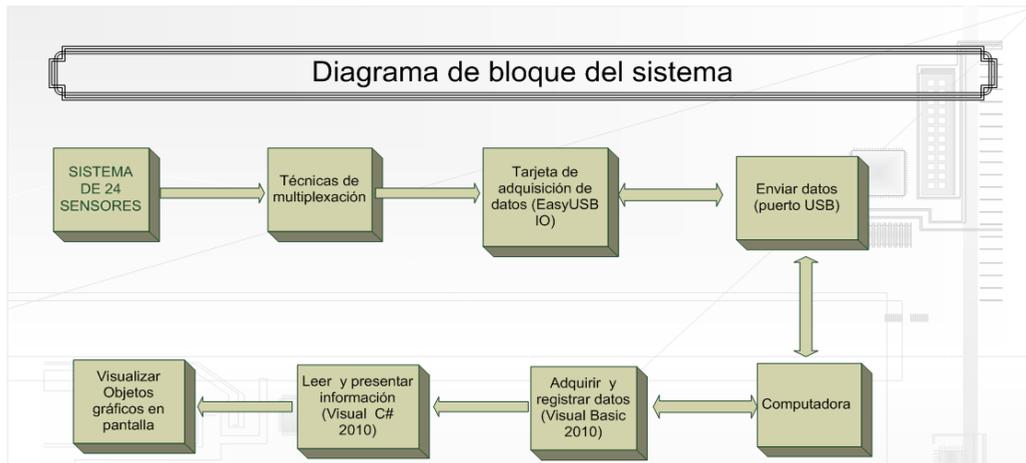


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de software propuesto.

En este sistema se plantea la idea de adquirir datos por medio de un sistema constituido por varias fuentes de información y emplear un sistema de multiplexación configurado por medio de una tarjeta de adquisición y procesamiento de datos. Con esta técnica se logra un control preciso de la información y de las fuentes (sensores) que la generan. Esta información es transmitida a la computadora y procesada por un lenguaje de programación en la cual los datos son almacenados en archivos para su posterior empleo que consiste en una representación del valor de cada fuente a través de objetos gráficos creados en un entorno de programación para esta tarea.

4 IMPLEMENTACIÓN

Para el sistema de software se tiene lo que es la parte de la configuración de la tarjeta de adquisición de datos de cada sensor de temperatura, presión y humedad, el almacenamiento de los registros de la información adquirida y la parte de la visualización de los objetos gráficos de dichos datos registrados. El diagrama de flujo del algoritmo propuesto se muestra en la Fig.2.

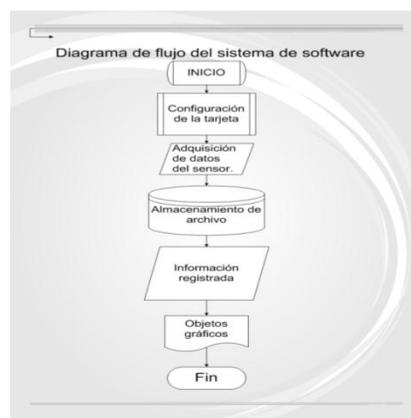


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de software propuesto.

Para cada valor que genera un sensor dado se debe ejecutar una conversión de los valores para así obtener los resultados reales. El software genera la configuración necesaria para que junto con



la tarjeta se obtengan y conviertan los valores de todos los sensores; esta conversión es hecha a una gran velocidad dando así la idea que todos se ejecutan a la vez (valores en tiempo real).

Cuando la información ya es tratada con el entorno Visual Basic, la aplicación relacionada almacena la información en archivos de texto plano para que sea utilizada por el siguiente entorno Visual C#. Al momento de guardar la información se utiliza un método de manejo de errores (excepciones) como medio de sincronización ya que como se mencionó, las aplicaciones interactúan entre sí por medio del archivo y existe la posibilidad que las dos aplicaciones intenten acceder a la información del archivo al mismo tiempo y es aquí donde se puede generar un error. Es por eso que se utiliza el manejo de excepción de errores para sincronizar las aplicaciones, donde la función es esperar hasta que una de ellas termine de utilizar el archivo y pueda la otra acceder a su valor.

Para cada sensor se genera un archivo independiente. Los archivos son el medio en la cual estos dos diferentes entornos de programación se comunican y pueden funcionar conjunta y sincronizadamente. A continuación, la Figura 3 muestra un ejemplo de registro donde se especifica la hora y la fecha de un sensor de fuerza.

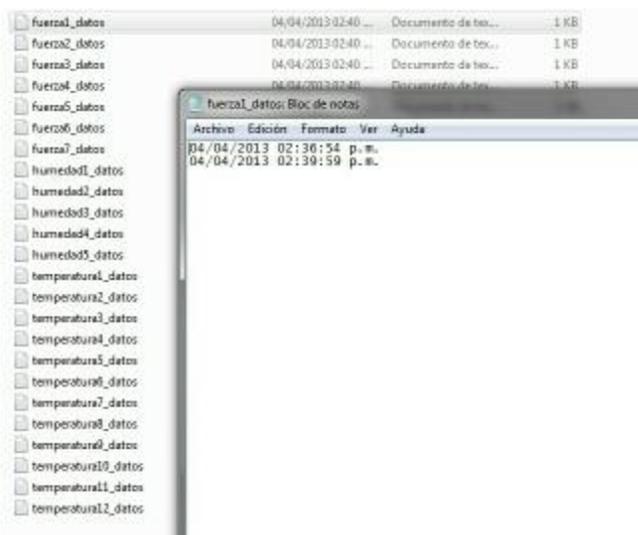


Figura 3. Registro de la hora y fecha del sensor de fuerza

Para la visualización gráfica de la información de cada sensor se ha utilizado el entorno de programación Visual C# (C-Sharp) 2010 la cual obtiene los valores de los sensores previamente tratados por Visual Basic a través de los archivos que éste genera.

La aplicación diseñada en Visual C# lee la información almacenada en los archivos generados por la aplicación Visual Basic y procesa estos valores por medio de objetos gráficos bien estructurados acorde a la almohadilla; además, permite guardar un registro de fecha, hora y dato de cada sensor para generar un reporte de los cambios de información para ayudar a los analistas y expertos a verificar la distribución del cuerpo de la persona sentada y así dar un diagnóstico y tratamiento oportuno.



A continuación se muestra el pseudocódigo del sistema de software para adquirir y graficar la información de los sensores de la almohadilla.

Inicio

- Mandar** código de configuración a la tarjeta EasyUSB IO
- Adquirir** con la tarjeta EasyUSB IO las señales multiplexadas
- Convertir** los valores de todos los sensores
- Cargar** la información en archivos de textos
- Registrar** fecha, hora y valor de cada sensor
- Guardar** la información registrada
- Comunicar** Visual Basic 2010 y Visual C# por medio de archivos
- Leer** información almacenada en los archivos
- Visualizar** información por medio de objetos gráficos
- Hacer** hasta reportar los cambios de información

Fin

5 RESULTADOS

El sistema reporta resultados de manera satisfactoria a través de objetos gráficos; la información que se presentó conforme a la variable medida por cada sensor o por grupo de sensores fue lo que se esperaba, ya que el sistema fue validado a través de otros sistemas de medición como termómetros para la temperatura y el peso cuando una persona se sentaba en la almohadilla.

La interfaz gráfica para la adquisición de los datos analógicos por medio de la tarjeta (EasyUSB IO) y para el control de la configuración de los grupos de sensores que se activan al momento que la persona se sienta en la almohadilla, ya sea de presión (fuerza), humedad o temperatura fue desarrollada en Visual Basic 2010, ver Fig. 4.

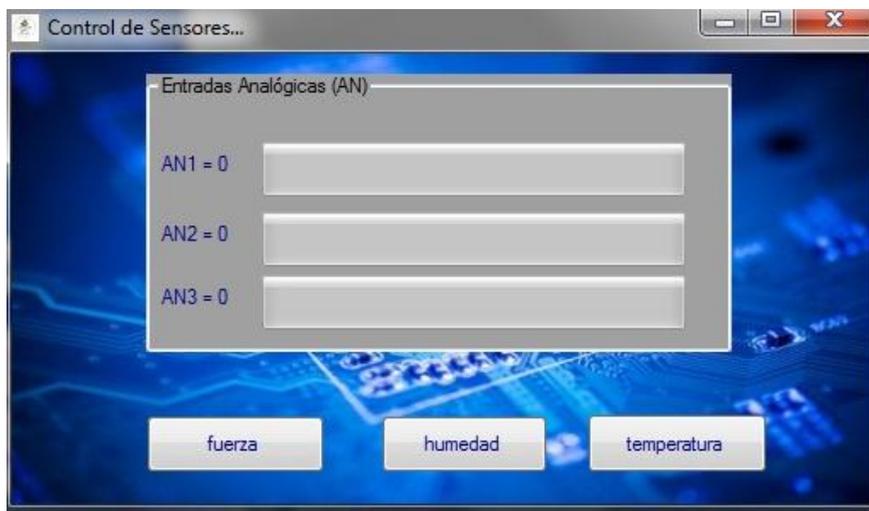


Figura 4. Interfaz gráfica para la adquisición de datos analógicos.

Debido a que es importante que la persona visualice de forma rápida y sencilla la información del valor de las variables sensadas en el tiempo, se ha desarrollado en Visual C# 2010 los objetos gráficos para cada grupo de sensores, ver Fig.5.



Figura 5. Interfaz en Visual C# para acceder a los grupos de sensores .

A partir de la interfaz presentada en Fig.5, se puede acceder a la interfaz de los 7 sensores de presión, los cuales muestran la información y la variación dependiendo de la fuerza que ejerce la persona sobre la almohadilla al momento de sentarse, ver Fig.6.



Figura 6. Interfaz de objetos gráficos de los sensores de presión.

También se presenta la información de los 5 sensores de humedad por medio de objetos gráficos, permitiendo al usuario visualizar la información de la humedad que se genera cuando hace contacto con la superficie de la almohadilla, ver Fig.7.



Figura 7. Interfaz de los objetos gráficos para los sensores de humedad.

De igual forma para visualizar la información de los 12 sensores de temperatura, también se cuenta con una interfaz para los objetos gráficos donde se puede apreciar la temperatura en grados centígrados, ver Fig. 8

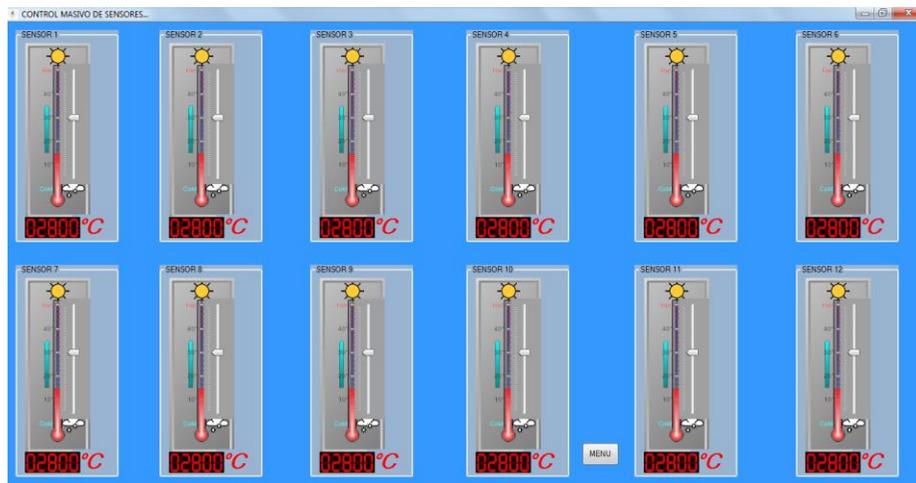


Figura 8. Interfaz de objetos gráficos de los sensores de temperatura.

Así mismo el sistema permite guardar un registro de la fecha, la hora y datos de los cambios de información de cada sensor o grupos de sensores de la almohadilla. Esto con el propósito de analizar los valores de las variables medidas.

El desarrollo del sistema de software para la adquisición y graficación de datos permite a los investigadores realizar un análisis de forma visual y gráfica de las variables que podrían afectar la salud o causar malestares a una persona al no llevar un buen control de su posición al momento de sentarse en una silla.

Comparado con trabajos relacionados, el sistema propuesto es muy importante debido a los beneficios de gran parte de la población trabajadora en oficinas o con capacidades diferentes. Por ejemplo, en [4] se busca realizar una gestión electrónica para variar con facilidad los parámetros que gobiernan la inyección y el encendido de los motores de ciclo Otto, así como la observación de las señales de inyección y encendido en un osciloscopio para la manipulación de los parámetros de entrada de los sensores a utilizar y para la realización de dicho sistema tanto en datos reales como virtuales se ha utilizado el programa LabVIEW™ y una tarjeta para adquisición de datos que comunicara la electrónica con el PC.

En [5] se presenta un diseño mecatrónico a partir de la cual se fabricó una silla de ruedas para personas discapacitadas, El sistema mecatrónico junto con la silla de ruedas permite a la persona que tenga un movimiento a voluntad de acuerdo a sus capacidades, ya sea por comando manual, por voz o por gesticular, ayudando al paciente colocarse de pie y realizar diferentes movimientos la cual permitirá cambiar de posición por varios intervalos de tiempo durante el día.

Otro proyecto destacado es el desarrollo y diseño de un sistema anticolidión mediante sensores sin contacto y que comunica con un software de control [6]. Se diseña para incorporarlo a otro proyecto denominado ASIBOT, el cual es un robot electrodoméstico que se puede mover a través de conectores en cualquier punto de la casa permitiendo a la personas discapacitadas o ancianas realizar sus tareas como son la manipulación de objetos, el aseo personal, ayudar a comer y beber, etcétera. Dicho sistema de anticolidión se ha ideado a modo de pulsera y que ocupe el menor volumen para que no estorbe al movimiento de su brazo. Para el diseño de software se



realizó a partir de la implementación del protocolo CANopen de Microchip y los sensores que se han utilizado son los de infrarrojo, los cuales proporcionan una señal analógica dependiendo de la distancia en que se encuentra el objeto. Estas señales son multiplexadas por el microcontrolador y transmitido a través de un bus CAN.

En [7] se emplea un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de la calidad del agua a través de sensores, los cuales miden las variables de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto; esto es controlado con un sistema registrador de datos denominado Datalogger SADU administrado por un software diseñado en Visual Studio 2010, usando el lenguaje de programación Visual Basic. La finalidad de verificar la calidad del agua es por medio de las entradas analógicas (información) que provienen de los sensores.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO-CA-9.

6 CONCLUSIÓN

El sistema permite la adquisición de datos analógicos de los sensores por medio de la tarjeta EasyUSB IO, la cual requiere de una configuración adicional para su correcto manejo que consiste en elegir la versión del Framework 4.0 en Visual Basic 2010 para evitar un error de compilación al momento de ejecutar la aplicación.

De acuerdo con la estructura del código, la adquisición de datos se hace a una gran velocidad, haciendo que el tiempo entre cada conversión de los datos analógicos de los sensores sea muy rápido. Se debe de considerar el tiempo de conversión, ya que tiempos más cortos no genera datos correctos, ya que no se permite una estabilización de la fuente de información definida por el sensor. Debido a la aplicación, el código se ejecuta de una forma secuencial a alta velocidad dando la idea que el sistema trabaja en tiempo real.



REFERENCIAS

1. David Werner with the PROJIMO team and many friends, Nothing about Us Without Us: Developing Innovative Technologies For, By, and with Disabled Persons, "Cojines y Probadores de Presión para las Llagas de Presión", (Published by HealthWrights Workgroup for People's Health and Rights Post Office Box 1344 Palo Alto, CA 94302, USA), 155-164,(1998).
2. José Ángel Vicente Tiburcio y Joshúa Esaú Olgúin Arredondo, *Adquisición de Datos de un Perfil de Temperatura y Sistema de Monitoreo mediante aplicación Web*, Revista Espectro Tecnológico, Instituto de ingeniería y tecnología, Universidad Autónoma de la Ciudad de Juárez, Agosto – Diciembre 2009.
3. Tatiana Mateus Guerra, Camilo Ernesto Pardo Beain y Manuel Felipe Rodriguez Pérez, *Sistema de monitoreo y control con acceso inalámbrico bidireccional a procesos industriales*, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, Número 17, pp. 56-61, ISSN: 1692-7257, 2011.
4. Alejandro Pérez Rodríguez ,*Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW™*, Proyecto de Fin de Carrera Ingeniero Industrial, Escola Tecnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Junio 2007.
5. O. F. Aviles-Sánchez, P. A. Nio-Suárez, C. Bogotá, L. Cárdenas, Silla de Ruedas Multifuncional, 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 23-25 Octubre 2007.
6. Miguel Ángel Tena García, *Diseño y Desarrollo De Un Sistema Anticolisión Con Sensores De proximidad Sin Contacto*, Proyecto fin de carrera, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid, Junio de 2011. <archivo.uc3m.es/bitstream/10016/13558/1/PFC_MiguelAngel_Tena_Garcia.pdf>
7. Reinaldo Almario Ospino, Bladimir Azdrubal Ramón Valencia, Jacipt Alexander Ramón Valencia, *Sistema de adquisición de datos para el monitoreo de la calidad del agua a través de las variables de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto*, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Volumen 1, Número 17, pp. 74-80, ISSN: 1692-7257, 2011.



CAPITULO 1.2 BIOMEDICA

AUTOMATIZACIÓN DE UN LABERINTO EN CRUZ BASADO EN SENSADO CAPACITIVO

Emmanuel de Jesús Vera Tun, Francisco José Heredia López, José Luis Góngora Alfaro, José Luis Bata García, Fernando Álvarez Cervera

Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán y Centro de Investigaciones Regionales "Dr. Hideyo Noguchi" de la Universidad Autónoma de Yucatán

emm.vera@gmail.com, hlopez@uady.mx, galfaro@uady.mx, jbata@uady.mx, acervera@uady.mx

RESUMEN

El laberinto elevado en cruz, el cual consiste en dos brazos abiertos y dos cerrados, es ampliamente usado para evaluar el comportamiento asociado a la ansiedad y ha sido validado para su uso tanto en ratas como en ratones. Siempre existe la posibilidad de incertidumbre por parte del observador durante la recolección de datos, porque es realizado manualmente. Durante la prueba es necesario contabilizar las veces que la rata se introduce en cada brazo y el tiempo transcurrido que pasa dentro del mismo. Por lo tanto, para evitar esos problemas, fue realizada la automatización de un laberinto elevado en cruz basado en sensado capacitivo. Los sensores son colocados bajo el suelo del laberinto, así el roedor no puede percibirlos. Los sensores están fabricados en una placa de circuito impreso, cada brazo contiene cuatro sensores cuadrados de 6 cm por 5 cm y uno de 7.75 cm por 7.9 cm en el centro. Para validar el estado de los sensores fue usado un algoritmo basado en un umbral sobre el porcentaje de cambio de la frecuencia promedio de un circuito RC formado con el sensor. Finalmente, el sistema es capaz de guardar y borrar datos de experimentos en una memoria EEPROM, transferir estos datos a una memoria USB y a programar el tiempo del experimento. La automatización definitivamente mejoró los resultados cuando se comparó la gráfica de datos obtenidos manualmente y la automatizada.

ABSTRACT

The elevated plus maze, which consist in two open and two closed arms, is widely used to assess the anxiety related-behaviors and has been validated for use in both mice and rats. There always exist the potential of observer bias during the data collection, because this is done manually. During the assay is necessary to count the times that the rat is introduced into each arm and the elapsed time when it's into the respective arm. Therefore, to avoid these problems, was done the automation of the elevated plus maze based in capacitive sensing. The sensors are placed hidden under floor of the maze, so the rodent can't perceive it. The sensors are made on a PCB, each arm contains four squared sensors of 6 cm by 5 cm and one of 7.75 cm by 7.9 cm in the center. To validate the status of the sensors was used a percentage threshold based algorithm about the change over the mean frequency of the RC circuit built with the sensor. Finally, the system is able to save and erase experimental data into an EEPROM memory, to transfer data to an USB memory and to program the time of the experiment. The system can be feed with rechargeable batteries or an external source. The automation definitely improved results when comparing manual and automated sketch data.



INTRODUCCIÓN

La ansiedad es un estado de tensión o nerviosismo aumentado, y también puede entenderse como una señal ante situaciones de peligro potencial que activa las hormonas de estrés por medio del eje hipotálamo-pituitaria-adrenal. Con esto la persona o el animal se prepara para una respuesta, que puede ser de lucha o escape. La ansiedad puede contribuir a incrementar la atención y la concentración. Sin embargo, la ansiedad excesiva y/o prolongada puede dar lugar a cambios en el comportamiento con la liberación de la hormona del estrés (De esta forma se le llama al cortisol, debido a que el organismo la genera en situaciones de emergencia), y a un deterioro en la función cognitiva. Los desórdenes de ansiedad son comunes en la población general y están frecuentemente asociados con la depresión [1].

El deseo de mejorar las actuales terapias ansiolíticas, ha estimulado investigar algunos procedimientos que tienen por objeto el estudio de los modelos de ansiedad [2].

Las pruebas de ansiedad con animales son usadas para visualizar nuevos compuestos para la actividad ansiolítica y ansiogénica, investigar la neurobiología de la ansiedad, y evaluar el impacto de otras ocurrencias, tal como el olor de un predador, o primeras experiencias de crianza. De los diversos métodos para medir la ansiedad en animales, podemos encontrar el uso un laberinto elevado en cruz (Figura 1). Esta prueba depende del inherente conflicto entre la exploración de un área nueva y la evasión de características adversas. Puede ser usado en ratas o ratones ya sean hembras o machos. Depende en amplio rango de las cepas y animales en grupo o aislados, pero diferencias distintivas son reflejadas en resultados de referencia [3].

El laberinto en forma en cruz ha sido descrito como un método simple para evaluar las respuestas de ansiedad de los roedores [4].

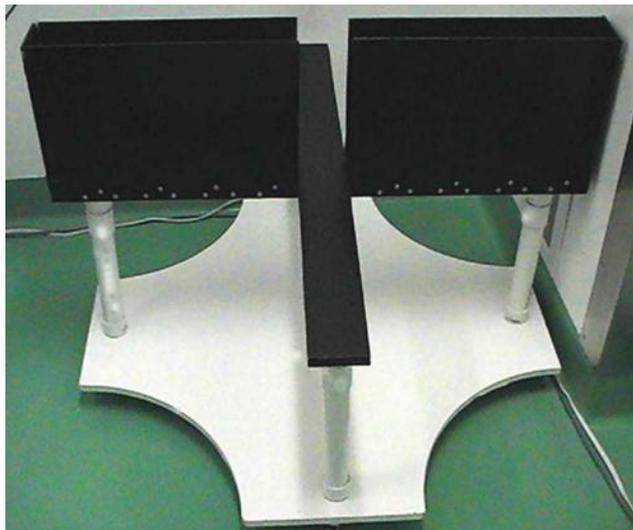


Figura 1.- Fotografía del laberinto elevado en cruz.

El laberinto cuenta con cuatro brazos, dos abiertos (sin paredes) y dos cerrados (con paredes de 30 cm de alto en ambos lados del brazo), que están organizados en forma de cruz con 50 cm de largo y 10 cm de ancho por cada brazo. De acuerdo a estudios previos, en los roedores se crea un fuerte enfoque de evasión en los brazos abiertos, mientras que en los brazos cerrados esto no



sucede. Esta conducta está relacionada con la aversión innata que los roedores muestran por las áreas elevadas y desprotegidas [5].

Para iniciar el experimento la rata es puesta en el centro del laberinto para evaluar la decisión del roedor. El nivel de ansiedad de la rata en el laberinto está asociada a dos medidas principales, el número de veces que el animal entra en cada brazo y el tiempo en el que permanece en ese brazo [6].

Sin embargo, el control de registro de datos es manual, por lo que hay una influencia en su comportamiento. Es por ello que fue realizada la automatización del laberinto basado en sensado capacitivo que es capaz de distinguir las diferentes entradas a los brazos realizadas por el animal en experimentación y medir la permanencia dentro de cada brazo, todo esto sin que el roedor se percate. También se desarrolló un programa en un lenguaje de alto nivel que interpreta los datos obtenidos por el sistema para que estos puedan ser de utilidad para el investigador.

Para la detección del roedor se pensó en diferentes tipos de sensores y se optó por los sensores capacitivos, un sensor de proximidad que puede detectar un objeto sin entrar en contacto físico. La ventaja de estos sensores es que pueden ser colocados debajo del piso del laberinto, ocultos a la vista del roedor y así poder sensar la actividad a distancia sin interferir.

SENSADO CAPACITIVO

Los sensores capacitivos se han transformado en los sensores más prevalentes y demandados para aplicaciones varias, y actualmente es posible construirlos directamente sobre una tarjeta de circuito impreso con la forma y distribución física más adecuada a la aplicación que se desea. Además, los sensores capacitivos tienen una excelente sensibilidad para las tareas de detección y son de bajo costo. Por otra parte, tiene algunos inconvenientes cuando se usan guantes u objetos que se interpongan entre el objeto y la superficie sensora. Muchas técnicas para el sensado capacitivo están actualmente en la industria. Algunas están basadas en la medición de la frecuencia o ciclo de operación en el cual ésta es cambiada debido a la introducción de capacitancia adicional, por ejemplo, entre el dedo de una persona y el suelo (Figura 2) [7].

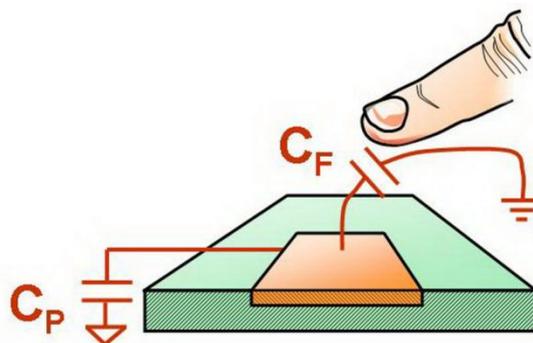


Figura 2.- Sensor capacitivo (C_P) más el dedo de una persona (C_F)

Criterios de diseño

Elementos esenciales de diseño incluye el tamaño del sensor, ubicación del sensor en relación al plano de tierra, y/o a otros rastros de baja impedancia con otros dispositivos. El apego de algunas recomendaciones permitirá un diseño único del dispositivo para detectar la aproximación de un usuario o el movimiento de objetos metálicos y altamente permisivos.



Aquí están cinco elementos críticos de diseño físico necesarios para lograr el máximo rango de detección con una intensidad de señal alta y bajo ruido.

1. Maximizar la distancia del sensor al plano de tierra (todas las capas de la placa circuito impreso objetos metálicos cercanos).
2. Maximizar el tamaño del sensor.
3. Usar un protector activo para proteger el sensor de rastros de baja impedancia y planos de tierra.
4. Minimizar movimientos del sensor en el sistema para prevenir falsos.
5. Para sistemas alimentados con batería, maximizar la unión entre el sistema de tierra y el objeto sentido.

Cualquier plano de tierra o superficie de metal directamente adyacente al sensor reducirá el rango de detección de proximidad como se muestra en la Figura 3 [8].

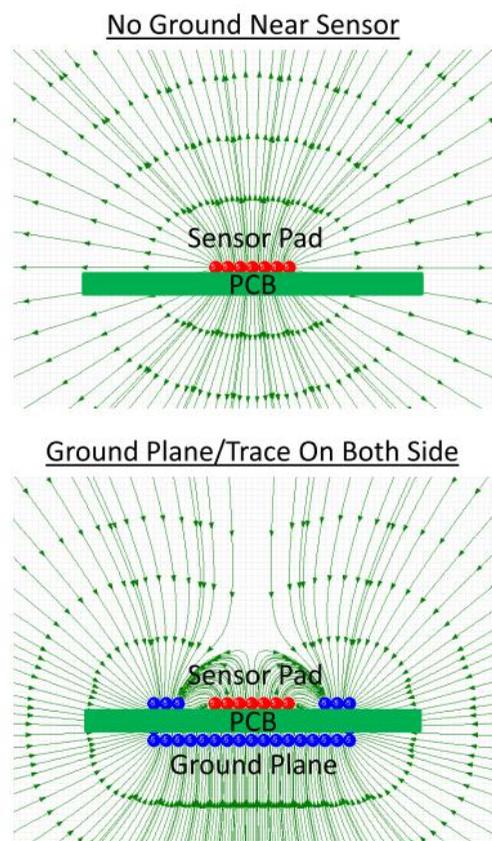


Figura 3.- Distribución del Campo eléctrico con/sin plano de tierra

Para nuestro caso, se está sensando una rata por lo tanto se requiere que los sensores sean lo suficientemente grandes para lograr mayor alcance de sensado y también el número mínimo de sensores. Entonces, a partir del tamaño promedio de una rata usada en este tipo de pruebas (24 cm desde la cola hasta la nariz) y por el número de sensores capacitivos que puede manejar el microcontrolador PIC16F727 de Microchip® (16 sensores) se decidió colocar 4 sensores por brazo, donde cada sensor tiene una dimensión de 6 cm por 5 cm. También se requiere sensar el



centro del laberinto, por lo que se usó otro microcontrolador, esta vez un PIC12F1840, capaz de manejar 3 sensores capacitivos, aquí solamente se usó un sensor de 7.75 cm por 7.9 cm. Los 4 sensores de cada brazo fueron colocados de tal manera que una rata pueda ocupar los cuatro sensores a la vez. En la Figura 4 se puede observar la distribución de los sensores en el laberinto.

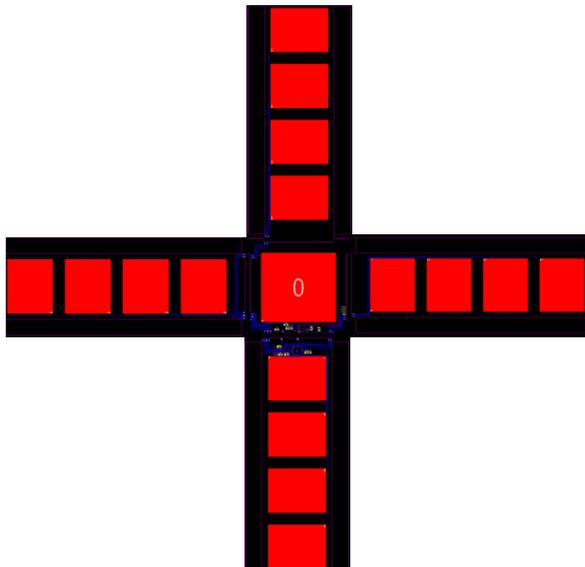


Figura 4.- Distribución de los sensores en el laberinto elevado en cruz

1.1 Algoritmo de sensado

Para que un sensor capacitivo pueda detectar la presencia de un objeto, se deben realizar las siguientes tareas. Usualmente esto se realiza dentro de un algoritmo de sensado:

1. Crear un oscilador con el sensor capacitivo (Figura 5).
2. Contar los flancos positivos de la señal del oscilador, usando algún temporizador, en ausencia de objetos cerca del sensor. Esto con el fin de obtener una frecuencia promedio correspondiente a un estado de no presencia sensada.
3. Contar los flancos positivos de la señal del oscilador, usando algún temporizador, en presencia de un objeto cerca del sensor capacitivo.
4. Obtener la frecuencia en la cual está oscilando, y determinar si la frecuencia ha disminuido con respecto a la frecuencia obtenida sin haber estado un objeto cerca del sensor capacitivo.

Para poder hacer lo anterior, se requiere un sistema capaz de llevar a cabo este algoritmo, y esto puede ser por medio de un microcontrolador [9]. El oscilador que se mencionó previamente se puede construir a partir de un simple circuito como el mostrado en la Figura 3.

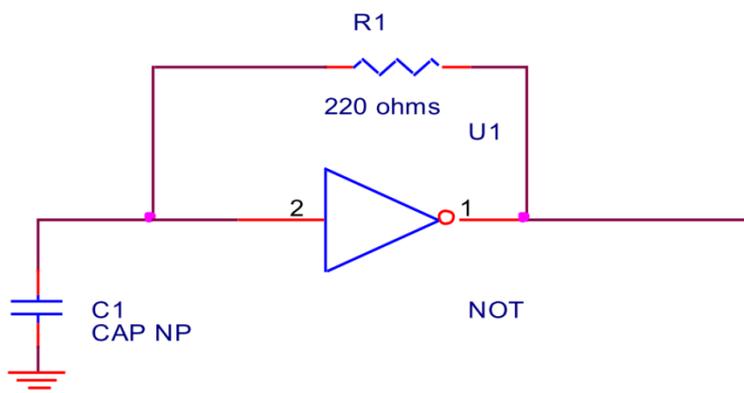


Figura 5.- Circuito oscilador por medio de capacitores

Este circuito realiza las labores que hemos visto con anterioridad; es decir, genera un oscilador por medio del capacitor C1 (sensor capacitivo), el cual se cargará y descargará gracias a la retroalimentación de la compuerta lógica negadora. Esto hará que la frecuencia del oscilador dependa directamente de la capacitancia del capacitor, haciendo sensible de esta manera el cambio de frecuencia por capacitancias parásitas, el cual es el punto importante que se tiene para poder sensor presencia.

El cuerpo humano tiene su propia capacitancia que esta referenciada a tierra física, lo que ocasiona que al momento de tocar el capacitor del circuito de la Figura 5 (ubicado físicamente en la zona a sensor), se cree una capacitancia parásita en forma paralela haciendo que la frecuencia que había logrado generar el oscilador formado por el negador y el capacitor, caiga de manera razonable. Así pues midiendo la frecuencia del oscilador podemos saber si existe o no un objeto cercano o tocando la zona a sensor [10].

Los dos microcontroladores cuentan con un módulo especializado para sensado capacitivo, es decir, no es necesario un circuito oscilador externo y también se puede asignar un temporizador para medir la frecuencia del sensor, en este caso se asignó al Timer1 de 16 bits para poder tener mayor precisión.

Se usó el Timer2 de 8 bits como frecuencia de muestreo, es decir se programó para que en un determinado tiempo se lea el Timer1 y se pueda obtener la frecuencia del sensor. Cuando el Timer2 se desborda se lee el valor del Timer1 y se divide entre cuatro (número de muestras) y se almacena en una variable temporal que acumula estos cálculos.

Se usó una variable que se incrementa cuando el Timer2 se desborda, cuando esta variable llega a cuatro muestras se procede a determinar si el sensor está ocupado.

Para determinar el estado del sensor se toma el promedio de las lecturas para el sensor designado se le resta un porcentaje (definido por el umbral) y el valor obtenido es restado al promedio de las lecturas actuales obtenidas del Timer1, si la resta fue negativa se considera que el sensor está ocupada, es decir, se redujo su frecuencia considerablemente, en cambio si la resta fue positiva, se actualiza el promedio de lecturas del sensor.

Para definir el umbral se realizó una prueba con una rata del tamaño promedio, se fue variando el umbral hasta lograr la detección.



Fuente de energía

En el sistema existen componentes que manejan 3.3V y otros 5V para funcionar adecuadamente, por lo que fue necesario agregar reguladores de voltaje al sistema, el regulador UA78M05 de 5V de salida y el TC1185 de 3.3V de salida. En caso de algún problema de energía el sistema debe ser capaz de mantenerse funcionando, ya que lleva tiempo preparar a las ratas para los experimentos, por lo que se agregaron 6 baterías AAA recargables de 850mAh al sistema y un circuito utilizando una configuración del integrado LM317 para poder cargar las baterías.

Interfaz de usuario

Ya se mencionó el uso de dos microcontroladores el PIC16F727 y el PIC12F1840, pero éstos son usados solamente para monitorear los sensores, por lo que se requiere otro microcontrolador que sea capaz de comunicarse (a través de I²C) con los otros dos para preguntar por el estado de los sensores, mostrar el estado de los sensores, detectar la entrada de la rata a los brazos, contabilizar las entradas, determinar la duración de la rata en los brazos y programar los experimentos, así como también guardarlos en una memoria EEPROM y transferirlos en una memoria USB para que el experimentador pueda procesar los datos posteriormente. Se eligió el microcontrolador PIC16F886 para realizar estas tareas, ya que cuenta con las características que se requieren, como comunicación I²C, USART, temporizadores, interrupciones y puertos digitales de E/S de propósito general. Se eligió la memoria EEPROM FM24V10 de RAMTROM® con 1Mbit de capacidad (131,072 por 8 bits), usa comunicación I²C, se alimenta con 3.3V. Para lograr la transferencia de experimentos a una memoria USB se utilizó el módulo VDRIVE2 de VINCULUM® que se maneja mediante comunicación serial RS232. Cabe señalar que para la interacción con el usuario se usó una pantalla LCD paralela y 3 teclas (YES/+, NO/-, Enter) para programar los experimentos. También existe el conflicto de que el LCD, el VDRIVE, y el PIC16F886 usan lógica de 5V y el FM24V10, el PIC16F727 y el PIC12F1840 usan lógica de 3.3V. Para solucionar este problema se agregó un cambiador de nivel lógico bidireccional TXS0102 de Texas Instrument® para las líneas de comunicación I²C. En la Figura 6 se puede observar el diagrama de bloques del sistema automatizado.

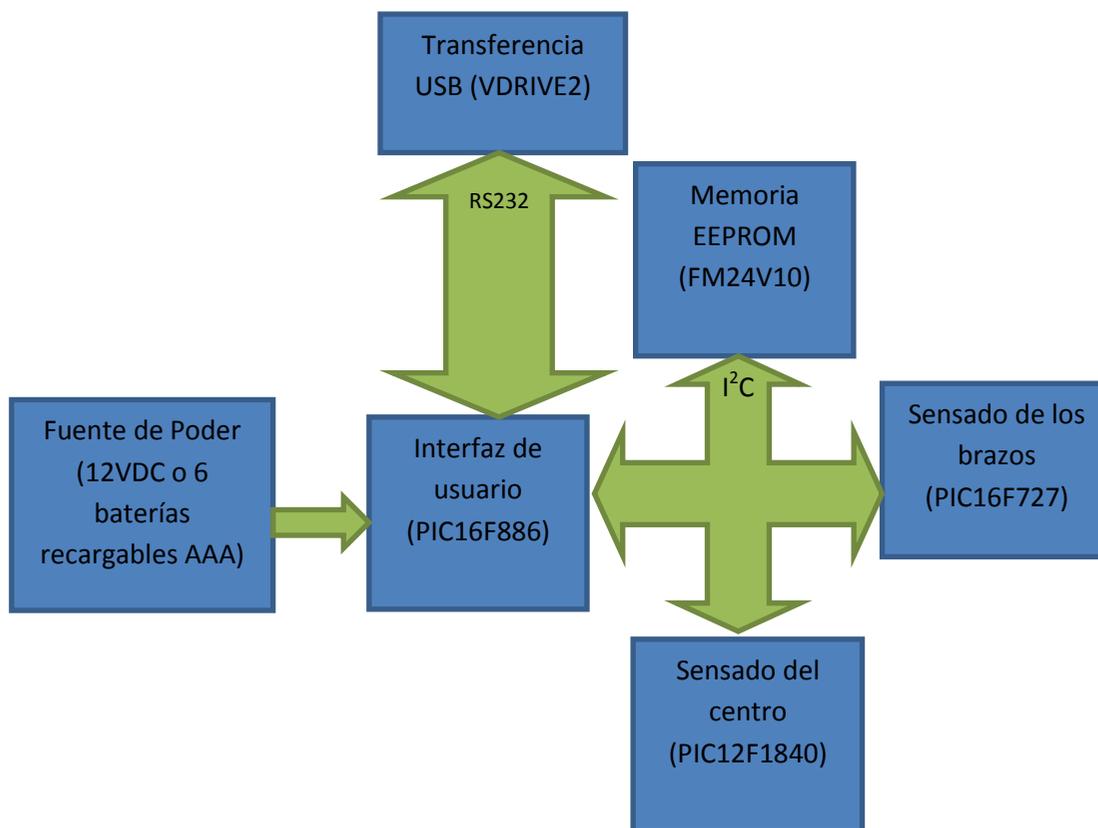


Figura 6.- Diagrama de bloques del sistema automatizado

RESULTADOS

Se obtuvo un sistema automatizado capaz de detectar las entradas del roedor a los brazos, contabilizarlas y obtener la duración del animal en los brazos. Además, el sistema, es capaz de transferir los datos a una memoria USB y de programar el tiempo de las pruebas.

DISCUSIONES

El sistema final, a pesar de ser portátil, tiene la desventaja de ser muy frágil, ya que cualquier movimiento brusco puede romper las conexiones entre las pistas de cobre que lo interconectan, por lo que se es necesario rediseñar físicamente las placas para que sea más sólida la interconexión y no se generen posibles falsos.

CONCLUSIONES

Se logró detectar las entradas del animal a los brazos, contabilizar y obtener el tiempo de estancia del animal en los brazos. Esto es un gran logro, ya que se evitan variables indeseables que afectan al obtener datos de la prueba. Además de la versatilidad del sensado capacitivo, el sistema está muy completo al ser capaz de transferir los datos a una memoria USB.



REFERENCIAS

1. Raymond W. Lam, Erin E. Michalak y Richard P. Swinson, Assessment Scales in Depression, Mania and anxiety, (Taylor & Francis, Unite Kingdom), 61, (2005)
2. A. Sahgal, Behavioural Neuroscience A Practical Approach, Volumen II, (Oxford University Press Inc., New York), (1993)
3. Jacqueline C. Crawley, Charles R. Gerfen, Michael A. Rogawski, David R. Sibley, Phil Skolnick, Susan Wray, Current Protocols in Neuroscience, Volumen III, (Wiley, New Jersey), (2001)
4. Alicia A. Walf y Cherlyl A. Frye, Nature Protocols, **2**, 2, 322-328, (2007)
5. Luis E Gonzales, Sandra E. File, The Journal of Neuroscience , **17**, 4, 1505-1511, (1997)
6. Richard G. Lister, The use of a plus-maze to measure anxiety in the mouse, (Springer-Verlag, New York), 1, (1987)
7. Tom Perme, ed. Microchip Technology Inc., Introduction to Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 2-3, (2007)
8. Xiang Gao, Microchip Capacitive Proximity Design Guide, (Microchip Technology Inc.), 2,(2013)
9. Tom Perme, Software Handling for Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 3, (2007)
10. Tom Perme, Layout and Physical Design Guidelines for Capacitive Sensing, (Microchip Technology Inc.), 1, (2007)



AVANCES EN RADAR ARMÓNICO PARA EL MONITOREO EN BAJO VUELO DEL *TRITOMA DIMIDIATA* Y DISEÑO DE UNA ETIQUETA DE MAYOR PORTABILIDAD

Tomás de Jesús Santiago Nuñez, Dr. Francisco Heredia López, Dr. Eric Dumonteil
C.I.R. Dr. Hideyo Noguchi Laboratorio de Ing. Biomédica, Laboratorio de Parasitología
tomas.santiago.rm@gmail.com, hlopez@uady.mx, edumonte@tulane.edu

RESUMEN: El *Triatoma dimidiata* es una chinche hematófaga, perteneciente a los triatomíneos, y que habita en la península de Yucatán. Este insecto es el vector principal de la enfermedad de Chagas, debido a que, posterior a su picadura, defeca y transmite al parásito *Trypanosoma cruzi* causante de dicha enfermedad, esta es el más grave problema de salud pública en Latinoamérica. Principalmente, la enfermedad afecta a personas en condiciones sociales marginadas y donde la atención médica es limitada. Además, no existe un tratamiento eficaz contra la enfermedad por lo que conocer el comportamiento del vector puede servir de herramienta para diseñar mejores medidas de prevención. El radar armónico es un buen candidato para observar el comportamiento poblacional del insecto, a pesar de que ha demostrado ser una buena herramienta para observar insectos en otras partes del mundo, se necesita adaptar el sistema al insecto, sobretodo en el uso de la etiqueta electrónica para hacerla más portable. En este trabajo se presentan avances en cuanto al desarrollo del sistema y en el diseño de una etiqueta de mayor portabilidad.

ABSTRACT: *Triatoma dimidiata* is a blood-sucking insect, of Triatominae subfamily, and lives in peninsula of Yucatan, Mexico. This insect is the main vector of Chagas disease, through its defecation, after its sting, it will transmit to the protozoan parasite *Trypanosoma cruzi* that causes disease mentioned before, this is the major public health of Latinoamerica. Principally, disease affect to persons with marginal social status, and where the medical attention is limited. Also, there is no effective treatment against the disease, for this reason knowing about the vector behavior can use like tool to design best prevention measures. The harmonic radar is a good choice to observing the population movement of the insects, although it has demonstrated is a good tool to observe insects in other parts of the world, requires adaptation the system to insect, especially in the use of electronic tag to make it more portable.

1. INTRODUCCIÓN

El uso del radar para el monitoreo de insectos tiene aproximadamente 40 años, ha demostrado ser una tecnología útil para los entomólogos y biólogos que requieren hacer estudios sobre los insectos, este hecho puede servir para observar el comportamiento poblacional del *Triatoma dimidiata*. En Yucatán, la enfermedad de Chagas ha sido causa de muchas muertes en el interior del estado, se sabe que la enfermedad la causa el parásito intracelular *Trypanosoma cruzi* (Fig. 1) que es transmitido por la chinche hematófaga *Triatoma dimidiata*, conocido como "pic" en la región, siendo está el vector de la enfermedad.

Existen dos nuevas técnicas de radar entomológico: el radar armónico y el radar de búsqueda vertical [2], la técnica que se desarrollará es el radar armónico que implementa una etiqueta electrónica para marcar a los insectos, que se basa en un circuito rectificador que responde al doble de la frecuencia recibida es un circuito pasivo que funciona por auto-inductancia, por lo que no requiere una batería. Una problemática de implementar la antena dipolo como etiqueta electrónica, usada en otros trabajos, es el hecho de que no se obtienen buenos resultados si no se trabaja en terreno llano. Otro aspecto importante es que la chinche a observar suele caminar la



mayor parte del tiempo, y meterse en espacios cerrados, por lo que la antena tradicional se dañaría fácilmente. Una solución es el uso de una antena fractal que es plana y tiene mejores características eléctricas, lo que ayudaría a acoplarlas mejor al cuerpo del insecto y obtener mejores resultados.

2. ANTECEDENTES

2.1. Enfermedad de Chagas

La enfermedad de Chagas es un grave problema de salud pública pues en el año 2008 causo cerca de 10 000 muertes. También se sabe que 25 millones de personas están en riesgo de infectarse, y se calcula que en el mundo existen alrededor de 10 millones de personas infectadas, siendo Latinoamérica la mayor área de afectación. Además de la transmisión vectorial, la enfermedad puede transmitirse mediante trasplantes de órganos, por transfusión sanguínea, vía congénita, por consumir alimentos contaminados con el parásito y por accidentes en el laboratorio [1].

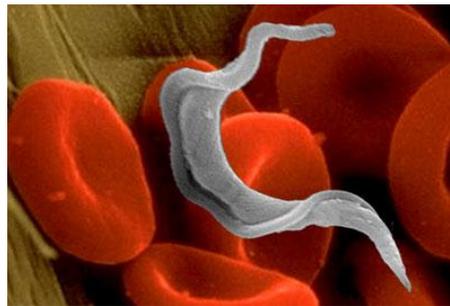


Figura 1. *Trypanosoma cruzi*.

Esta enfermedad inicia cuando la chinche pica a la persona e inmediatamente defeca, la persona al rascarse introduce al parásito, que se encuentran en las heces de la chinche, en la herida dejada por la picadura, al ingresar al cuerpo el parásito se encuentra en forma de tripomastigote. Este ingresa a las células en el sitio de la herida donde se multiplica, posteriormente los parásitos ingresan al torrente sanguíneo e infectan otros tejidos. La enfermedad tiene dos etapas definidas la primera conocida como inicial o aguda que dura unos dos meses después de infectarse, en la mayoría de los casos no existen síntomas o si se presentan son leves y suelen confundirse con otras enfermedades; los síntomas pueden ser dolor de cabeza, fiebre, dolor abdominal, dolores musculares, entre otros. En esta etapa debido a que los parásitos se encuentran circulando por el torrente sanguíneo es cuando puede detectarse la enfermedad. Después de esta fase se pasa por una etapa indeterminada en la cual no se presentan síntomas, puede durar varios años hasta llegar a la fase crónica donde los parásitos han invadido principalmente el músculo cardíaco y el digestivo, cerca del 30% de las personas llegan a presentar afecciones cardíacas y el 10 % digestivas, neurológicas o mixtas. En esta etapa la persona puede sufrir insuficiencia cardíaca o muerte súbita debido al grave daño al tejido cardíaco [1].



2.2. *Triatoma dimidiata*

El *Triatoma Dimidiata* o “pic” es una chinche del orden Hemíptera y de la familia Reduviidae, es un insecto de aproximadamente 1.6 cm a 3 cm de largo, es selvático e invade viviendas durante la noche alimentándose de la sangre de mamíferos incluido el hombre mientras estos duermen, por lo cual se afirma que el insecto es no domiciliario. El peso de la chinche es entre 200 y 300mg en ayunas, y duplicándose al alimentarse. Son de color café a negro y marcadas con un color rojizo o naranja. La cabeza es alargada, un tanto cónica, el protórax se hace angosto hacia el frente, las alas se cruzan en forma plana sobre el dorso y tienen de dos a tres celdas en la membrana. La orilla del abdomen parecen placas planas a los lados de las alas; estas placas están marcadas con barras de color rojo o anaranjado.

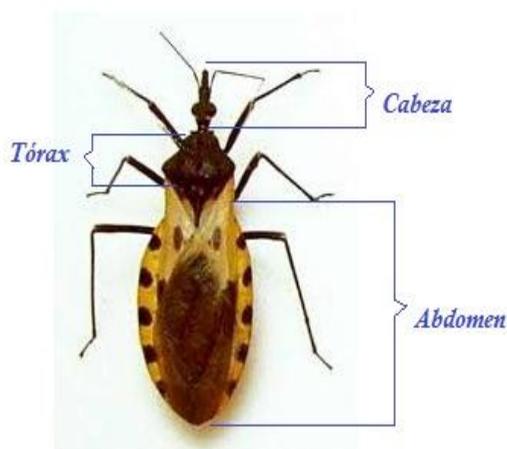


Figura 2. Anatomía general externa del *Triatoma dimidiata*.

En Yucatán, el insecto suele encontrarse al norte de la península [3], sin embargo es propenso a estar en otras zonas del estado, incluyendo a la capital Mérida [4]. Por los estudios realizados por Dumonteil et al, se sabe que hay baja colonización pero una alta infestación, y que hay mayores cantidades en los meses calurosos entre abril y junio [3]. La enfermedad en el estado fue detectada en los años 40 del siglo anterior, pero empezó a ser estudiada en los años 70. Se han tomado varias medidas para controlar el vector como el uso de insecticidas, ha mostrado efectividad sin embargo se presenta una re-infestación después de 4 meses, debido a los insectos selváticos [5]. Otra estrategia que se llevó a cabo es el uso de cortinas y mosquiteros en las casas para prevenir la dispersión de los insectos selváticos. Hay muchos factores que pueden afectar el comportamiento de los insectos como es la presencia de animales en los patios de las casas, la limpieza en las casas, etc. Aunque se ha modelado patrones que pueden influir, como la cercanía de la casa al alumbrado público que aumenta las posibilidades de infestación [6], también se ha descubierto que hay mayor abundancia del insecto en la periferia de los poblados [7]. Sin embargo, aún no es posible asegurar los motivos principales del comportamiento del insecto. Por todo esto, una herramienta potencial para estudiar al insecto es el uso del radar entomológico, con él observar el comportamiento de la chinche y poder diseñar mejores medidas de prevención.



2.3. Radar entomológico

El radar entomológico es una herramienta que surgió en los años 70 del siglo pasado, que ha sido de mucha utilidad para entomólogos y biólogos que deseen conocer el comportamiento de los insecto, y ha visto aplicación en el combate de enfermedades, el control de plagas, su impacto en la agricultura, etc. [2] Actualmente, apenas 10 años, existen dos técnicas de radar entomológico que han revolucionado esta tecnología los cuáles son el radar de búsqueda vertical (VLR por sus siglas en inglés) y el radar armónico, el primero se enfoca a estudiar los insectos por su altitud, y en alto vuelo, el segundo utiliza un circuito rectificador y un tanque resonante sobre los insectos, que responde al doble de la frecuencia recibida. Para el monitoreo en bajo vuelo, como en el caso del insecto a estudiar, la técnica de radar ideal es el radar armónico.

3. RADAR ARMÓNICO

Este radar consiste principalmente de enviar una señal a un circuito rectificador acoplado al cuerpo del insecto que devuelve un segundo armónico al doble de la frecuencia recibida, este sistema es muy útil para observar insectos en bajo vuelo o rastros. Esta técnica de radar ha permitido observar a diversos insectos de manera efectiva, ha ayudado a revelar la orientación de los vuelos en las abejas [8], además de permitir observar el vuelo de las mariposas [9]. La principal ventaja del radar armónico es que el circuito sobre el insecto es pasivo por lo que no requiere de una batería. Su principal desventaja es que este sistema no permite un medio de identificación ya que todos son marcados igual, sin embargo esto no representa un problema pues se desea conocer el comportamiento poblacional, y para comportamientos individuales sería necesario observar solo un insecto a la vez. Este sistema es adaptable para insectos mayores a 50mg de peso, y debido a que el triatoma Dimidiata pesa entre 200 mg a 300 mg es un buen candidato para esta técnica.

Para poder determinar el rango de alcance de radar armónico se usa la siguiente ecuación [10] derivada de la ecuación de transmisión de Friis:

$$R = \sqrt{\frac{\lambda_h}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t \sigma_h G_t G_r}{P_r 4\pi}}}$$

Donde λ_h es la longitud de onda en el espacio libre determinado por la frecuencia de transmisión, P_t es la potencia de la antena transmisora, σ_h es la sección transversal armónica del objetivo entre 10 y 40 mm², G_t y G_r son la ganancia de la antena transmisora y receptora, respectivamente, finalmente P_r es la potencia de entrada de la antena receptora. Se observa que la potencia mínima detectada por la antena receptora otorga el máximo rango de alcance. En nuestro sistema se desconoce la ganancia de la antena transmisora, pero al contar con los otros parámetros y la información recabada en la literatura el rango máximo de alcance se debe encontrar alrededor de los 100 m. Además del gran alcance, otras ventajas con respecto a otro tipo de tecnología como por ejemplo un sistema de visión computacional, el cual requeriría demasiadas cámaras, fuentes de iluminación que por lo comentado anteriormente afectarían el comportamiento del insecto, puesto que el insecto es nocturno las cámaras ya no serían precisas, en contraste con el radar funcionaría igual tanto de día como de noche, otra ventaja es que ofrece mejor ubicación geométrica y geográfica de los insectos [11].

El sistema de radar armónico propuesto en este trabajo cuenta con 5 bloques: Radar Marino, Transponder, Receptor, Procesamiento de datos e Interfaz con el usuario.



3.1. Radar marino

El uso de un radar marino se debe a que produce una onda corta discreta y de alta potencia, con la cual se obtiene un gran alcance, este tipo de radares son producidos comercialmente en gran volumen, por lo que son más baratos con respecto a otros radares, y se adaptan mejor a las condiciones de la aplicación. El radar comercial con el que se cuenta es de 4kW de potencia de salida, y 9.41 GHz de frecuencia del pulso electromagnético. Se usa la transmisión del radar como pulso dirigido a las etiquetas (transponder) de los insectos, y se diseñará un sistema de recepción aparte para recibir la respuesta de las etiquetas. Este radar se adaptará al sistema por lo que se necesita empotrar la antena receptora en él, de esta manera las antenas girarán al mismo tiempo, esto sirve para poder obtener el giro de la antena y con ello la posición angular en todo momento, y al detectar las etiquetas se tome la posición angular de la antena y con esta estimar la posición de los insectos.

3.2. Recepción

El receiver contará de una antena que opere a más de 18GHz, debe ser de bajo peso para que el motor del radar marino pueda moverla (se ha añadido peso al motor de más de 5 kilos sin presentar problemas). La antena debe estar seguida por un filtro pasa altas de 18Ghz de frecuencia de corte, y seguido de un amplificador de bajo ruido (LNA), de esta forma se podrá determinar la distancia de cada etiqueta mediante la amplitud de la señal detectada por el amplificador. Será necesario realizar pruebas experimentales para determinar de manera cuantitativa la relación entre las amplitudes de las señales detectadas y la distancia a la cual se encuentra la etiqueta.

El sistema de recepción opera en la banda K (18-27GHz) debido a que la señal de respuesta generada por los transponder es de 18.82 GHz, además el receptor debe ser de configuración superheterodina, este sistema está formado por una antena en conjunto con un amplificador de bajo ruido (LNA), esta etapa es importante para poder recibir la potencia generada por el segundo armónico de manera eficiente. La antena de microondas para el receptor puede ser una antena de cuerno que ofrece una buena ganancia y directividad, pero usar un reflector parabólico en combinación con esta ofrece mejoras en sus características [12]. Esta antena debe ser acoplada al LNA mediante una guía de onda, y su cantidad de ruido (NF) debe ser lo más baja posible entre 2 y 3 dB es aceptable.

El sistema debe contar con un filtro que permita ver solo la señal de interés, y un mezclador para hacer una conversión hacia abajo y poder tratar la señal, se puede usar un analizador de espectro, o un amplificador logarítmico en conjunto con un osciloscopio que permita analizar la señal.

3.3. Datos procesados

Se necesita procesar dos datos la posición angular, y la respuesta de los transponder. El primero depende del giro de la antena y el segundo del receptor. Para la adquisición de la posición angular, se ajustó un cable al sensor de la antena que indica el home, siendo este un sensor de efecto hall. La señal del sensor siempre se encuentra en alto y cuándo la antena al girar pasa por el sensor la señal baja, esto indica que la antena ha dado una vuelta completa, las velocidades de esta antena son de 30 y 24 rpm, por tanto se tiene que un giro puede durar 2 o 2.5 segundos, se pretende trabajar a la máxima velocidad para tener mayor resolución. La señal es compatible con TTL permitiendo tratarla con un microcontrolador.



La posición angular se adquirió mediante la obtención de los tiempos de giro usando un PIC18F2550 que trabaja a una frecuencia de reloj de 48 MHz, la elección de este microcontrolador es porque tiene integrado un módulo para comunicación USB. El procedimiento consiste en enviar directamente la señal del sensor al microcontrolador PIC18F2550 en su puerto B, el microcontrolador al detectar el cambio de nivel (flanco descendente), enciende un timer de 24 bits que se desborda cada 2.7 segundos, tomando en cuenta que el periodo de esta señal puede ser 2 o 2.5 segundos. Se tiene un segundo timer que cuenta 1ms, al terminar su conteo se captura el valor en ese momento del primer timer. Los datos se envían al buffer del puerto USB, se usó la transferencia de datos Bulk, que asegura que los datos lleguen completos al Host (PC), la información se envía en 3 bytes cada 1ms. Cuando se detecta un nuevo flanco se reinicia el conteo, y se repite el proceso. Hasta el momento se ha realizado un programa inicial en la laptop que gráfica la posición angular, entablando una comunicación con el microcontrolador. El programa se puede ajustar dependiendo de la velocidad, sin embargo se trabajará con la velocidad más alta, y así sincronizarse con la antena.

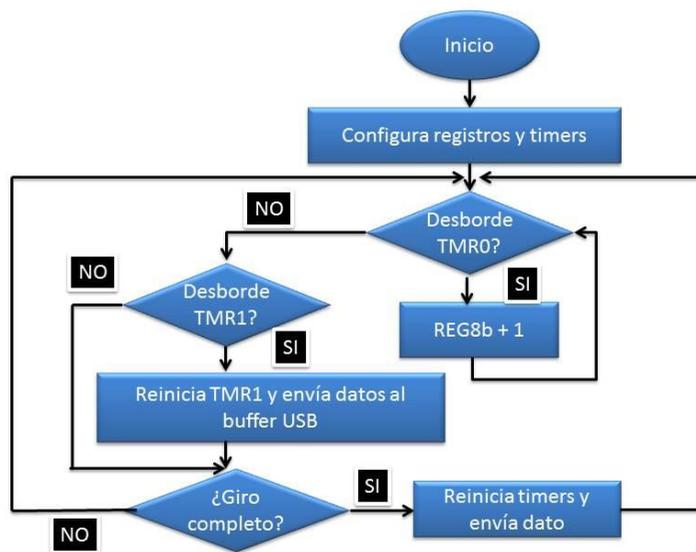


Figura 3. Algoritmo para obtener la posición angular.

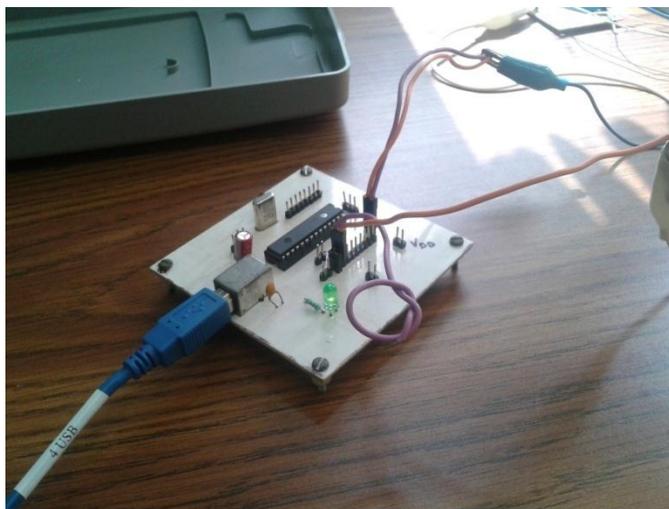


Figura 4. Placa prototipo para el procesamiento.

3.3. Interfaz con el usuario

Se ha realizado un programa inicial en Labview que gráfica la posición angular, entablando una comunicación con el microcontrolador. El programa se puede ajustar dependiendo de la velocidad, sin embargo se trabajará con la velocidad más alta, y así sincronizarse con la antena. El programa en la pc inicia la comunicación USB y convierte los intervalos de tiempo en ángulos. En la máxima velocidad es decir 30 rpm de la antena un incremento en el tiempo de 1ms representa un incremento en la posición angular de 0.18° .

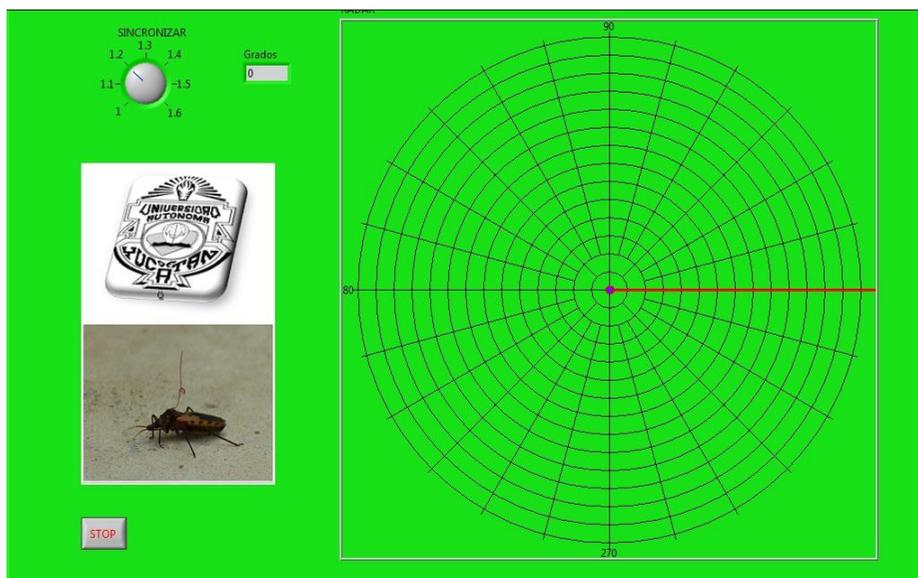


Figura 4. Programa de interfaz con el usuario.



4. TRANSPONDER

El transponder (transmitter responder) funciona como una etapa de conversión de frecuencia, pues toma la señal que recibe el transmisor y responde al doble de la frecuencia hacia la antena receptora del sistema de radar armónico. Este sirve para etiquetar a los insectos y reconocerlos del terreno en el que se encuentran. de radar armónico se usa un transponder formado por una antena dipolo, junto con un bucle en el centro formando un inductor, y en paralelo a este se coloca un diodo Schottky para rectificar la señal, es importante mencionar que el inductor junto con la capacitancia parásita del diodo forma un tanque resonante [10][11][13]. Una problemática de implementar la antena dipolo como etiqueta electrónica es el hecho de que no se obtienen buenos resultados si no se trabaja en terreno “limpio”. Otro aspecto importante es que la chinche a observar tiende a caminar la mayor parte del tiempo, y meterse en espacios cerrados, por lo que la antena tradicional se dañaría fácilmente. Sin embargo se fabricaron para poder comparar con otros transponder. Se propone una solución a la problemática planteada y es la de fabricar antenas fractales planas que se peguen en el tórax de la chinche teniendo como objetivo reducir el peso, mejorar la portabilidad e igualar o mejorar las características eléctricas de las etiquetas tipo dipolo.

4.1. Antena dipolo

Estos transponder funcionan mediante auto inductancia, consisten de un inductor y un diodo Schottky de RF en paralelo [13], el transponder es un simple circuito rectificador. El inductor es un alambre de cobre de calibre AWG #34, el alambre funciona como un dipolo. Tiene un largo de 8 mm en cada extremo, en medio una vuelta de 1mm de diámetro. El diodo Schottky es el HSCH-5340 este opera entre 1 a 26 GHz, encontrándose en el rango de operación del radar, es de 0.71 mm de largo, no se encuentra encapsulado, y es de bajo peso, por lo que resulta adecuado para el sistema propuesto. Para elaborar las etiquetas electrónicas primero se midió 1mm para hacer la vuelta del alambre, y 8 mm en cada extremo, a continuación se procedió a estañar el alambre en el centro del lazo y en los extremos del mismo, bajo el microscopio se fijó el alambre con unas pinzas para poder maniobrar el diodo, debido al tamaño pequeño de este se uso una aguja de punta fina con un poco de pasta soldadora para tomar el diodo y colocarlo en el lazo del alambre. Después de fijar el diodo en posición, con un cautín y mediante capilaridad se soldó cada patita del diodo, este procedimiento debe realizarse con mucho cuidado, además de procurar que el tiempo de contacto del cautín con el alambre no exceda los 3 segundos, pues al ser microscópico el diodo el calor producido por el cautín puede romper las patitas dejando inutilizable al mismo. Se notó que una fuerza pequeña puede romper el diodo, factor que influye al colocárselo a los insectos, debido a que si chocan con algún obstáculo pueden romper el diodo y con esto dejar inutilizable el transponder. Para solucionar lo mencionado anteriormente se “encapsuló” el diodo en una gota de resina epóxica para obtener rigidez mecánica. Los transponder fabricados tienen un peso promedio de 5.2mg (N=20) sin contar el peso del diodo que es de aproximadamente 23µg, por lo que el mayor peso lo aporta el alambre de cobre. El peso de esta antena representa entre el 2 y el 3% del peso del insecto.

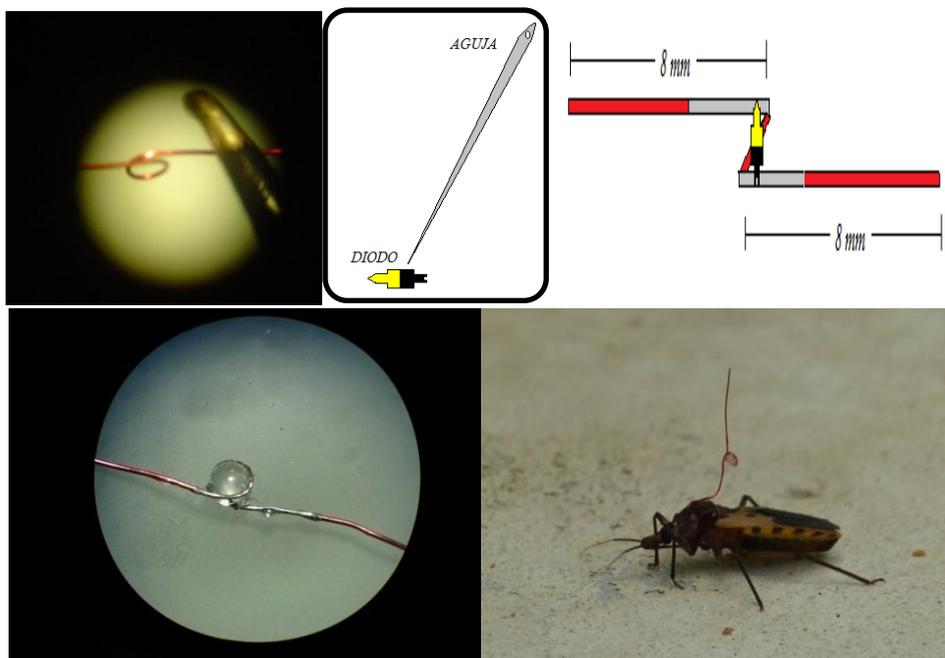


Figura 5. Proceso de fabricación transponder y chinche con transponder.

4.2. Antena Fractal

El uso de los fractales en las antenas comenzó en los años 90, siendo una de sus ventajas el hecho de tener un perímetro grande en un área limitada. Esta es una característica de la geometría fractal, matemáticamente hablando una figura fractal tiene un perímetro infinito en un área finita o inclusive igual a cero, pero si lo aplicamos al área de las antenas esto no es posible, en ellas se usa un prefractal que representa al fractal con número finito de iteraciones, esto permite tener un perímetro mayor en un área menor comparado con una antena de geometría euclidiana tradicional. Existen otras ventajas como el hecho de trabajar a diferentes frecuencias (multibanda), la longitud eléctrica aumentada puede aumentar la resistencia de entrada cuando es usado en un solo rango de frecuencia, y permite ser fabricado en un PCB [14]. El uso de la antena fractal para el radar armónico es reportado en [15], se usa un bucle Minkowski modificado, trabajan a una frecuencia base de 5.6 GHz y el principio es el mismo del dipolo sea este el de doblar la frecuencia recibida, al final reportan tener una mayor portabilidad, un alcance de 56m, mejor ganancia y una mejora en la eficiencia de la conversión de la frecuencia. Sin embargo, no se reporta la adaptación de la antena en el insecto que pretenden estudiar el Emerald Ash Borer.

En este trabajo se procedió a analizar las dificultades de fabricar una antena Minkowski en PCB. La antena Minkowski inicia con una línea recta, la cual se divide en tres partes iguales y de la parte central se eleva con dos segmentos verticales de tamaño $w/3$, donde $0 \leq w \leq 1$ [16]. Se procedió a diseñar la antena en bucle de manera que su perímetro se igual a la longitud de onda (3.2 cm), se utilizó la siguiente ecuación para obtener las dimensiones de la antena:

$$\text{Perímetro} = \left(1 + \frac{2}{3} * w\right)^N * L \quad (2)$$



En la ecuación w es el ancho de la indentación en el generador, N es el número de iteraciones y L es el largo inicial del iniciador. En la figura 6 se muestra la geometría Minkowski y sus primeras 4 iteraciones.

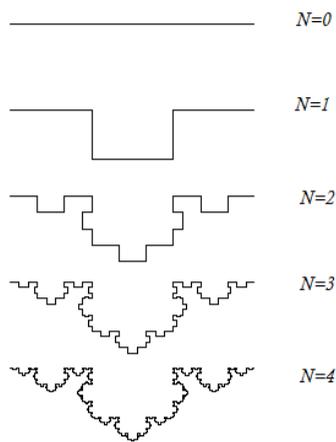


Figura 6. Fractal Minkowski , cuando $N=0$ se tiene el iniciador y a $N=1$ se le llama el generador.

Utilizando la ecuación (2) se fijó el perímetro a 0.8cm debido a que se utiliza una antena Minkowski en bucle que parte de una antena cuadrada, por lo que cada lado es $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda. Estableciendo $w=0.6$ y $N=2$ se obtiene que la longitud inicial debe ser de 4.08mm, por lo que la antena tiene dimensiones de 4.08 x 4.08mm, adicionalmente se coloca en el centro un bucle de una iteración para formar el tanque resonante. Se fabricó la antena en un PCB mediante fotolitografía, los resultados se observan en las figura 7. Uno de los problemas fue la resolución de la impresora con la que se hizo el negativo que une las pequeñas separaciones entre líneas, por lo que la antena fabricada tiene cortos, se aumentó el tamaño del cuadrado a 6mm y en este no se tuvo problema sin embargo sería más complicado adaptarlo al insecto.

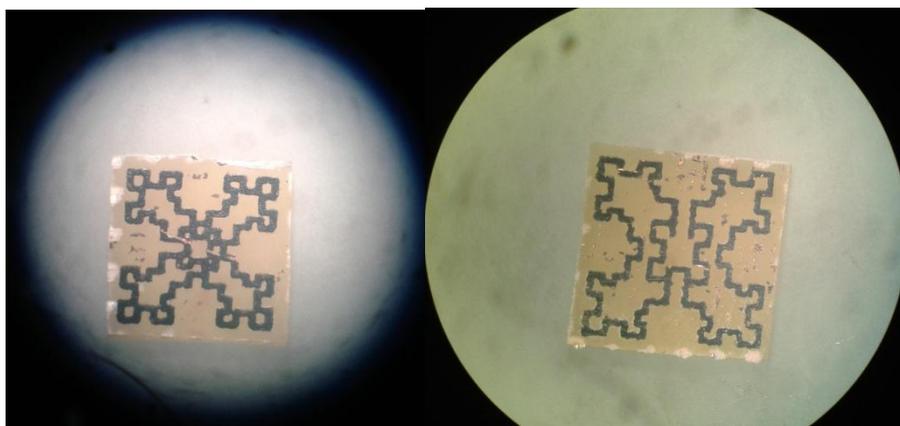


Figura 7. Antenas fractales fabricadas.



5. DISCUSIONES

Se cuenta con la obtención de la posición angular de la antena, el sistema de recepción ya se diseñó y se espera que lleguen los componentes para realizar las pruebas, con ellos probar las características eléctricas de los transponder y poder determinar el rango máximo de alcance. Es necesario realizar pruebas en diversos terrenos, principalmente en ambientes similares al hábitat del insecto para documentar las variaciones y el comportamiento de las antenas. Se requiere acoplar mecánicamente las antenas para ello se piensa utilizar una extensión de rotor de la antena del radar marino y montar sobre una plataforma el receptor, se realizó un bosquejo del radar marino y el receptor en Solid Works, esto sirve para tener una idea de la estructura y con ello realizar un adecuado diseño mecánico de las antenas. El programa de usuario posteriormente requiere graficar la posición de los insectos y crear archivos de texto por cada experimento que se realice guardando la posición, el radio respecto al radar y el tiempo en que se detectan. Finalmente, existen algunos inconvenientes en cuanto al uso de las antenas dipolo, el proceso de fabricación es tardado y propenso a errores, debido al comportamiento observado en el triatoma su tendencia a meterse en lugares pequeños representa un problema con estas antenas que se han probado en ellos, los cuales han muerto por intentar ocultarse sin importar que se haya atorado la antena. El peso se ha intentado reducir en [17] sin embargo resultan más frágiles. A todo esto, las antenas fractales pueden ser una solución para el problema de la portabilidad, por lo que se requiere mejorar el proceso de fabricación, un buen método sería utilizar una impresora de alta resolución que inyecte tinta de plata y realizar las antenas sobre un sustrato de papel el cual es un buen medio dieléctrico. Existen tintas basadas en nano partículas de plata que ofrecen una mejor conducción lo que permitiría mejorar las características eléctricas de las etiquetas. El uso de papel ofrece la ventaja de hacer la antena flexible favoreciendo su unión al cuerpo del insecto, el material es amigable con el ambiente y puede encontrarse con cubiertas hidrofóbicas [18]. Otra ventaja de usar esta técnica es que la fabricación depende únicamente de la impresora ofreciendo un proceso estándar y sin error humano. Finalmente el peso se vería reducido en gran medida, y serían más resistentes.

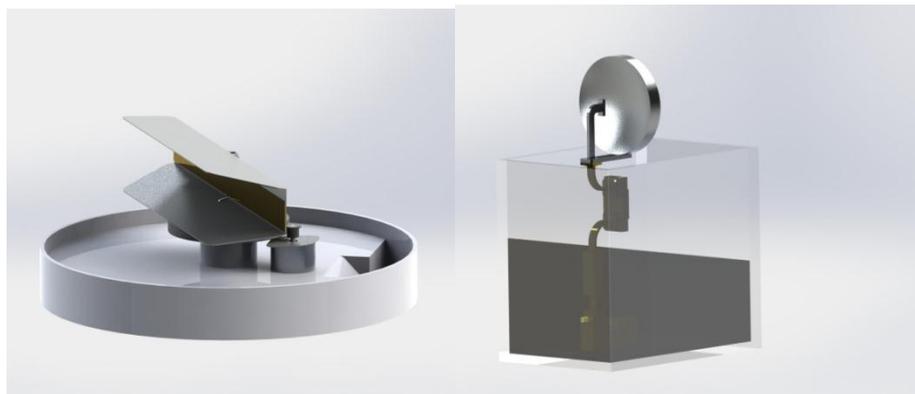


Figura 8. Radar marino (izquierda) y receptor (derecha)



REFERENCIAS

1. World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es/index.html>
Último Acceso Abril 2 2013.
2. Chapman J., Drake V., Reynolds D, Annu. Rev. Entomol. **56**, 337–56, (2011).
3. Dumonteil E, Gourbiere S, Barrera-Pérez M, Rodríguez-Félix E, Ruiz-Piña H, Baños-López O, *et al.* Am J Trop Med Hyg, **67**,176-83, (2002).
4. Guzman-Tapia Y, Ramirez-Sierra MJ & Dumonteil E. Vector Borne and Zoonotic Diseases, **7**, 597–606. (2007).
5. Dumonteil E, Ruiz-Pina H, Rodriguez-Felix E, Barrera-Perez M, Ramirez-Sierra MJ, *et al.* Mem Inst Oswaldo Cruz, **99**, 253–256. (2004).
6. Pacheco-Tucuch FS, Ramirez-Sierra MJ, Gourbiere S, Dumonteil E, PLoS ONE, **7**,4, e36207. (2012).
7. Barbu C, Dumonteil E, Gourbiere S, PLoS Negl Trop Dis, **4**, 8. e777. (2010).
8. Capaldi E, Smith A, Osborne J, Fahrbach S, Farris S, Reynolds D, Edwards A, Martin A, Robinson G, Poppy G, Riley J. Nature, **43**, 537-540. (2000).
9. Cant E, Smith A, Reynolds D, Osborne J., Proc. R. Soc. B. (2005).
10. Boiteau G., Colpitts B, International journal of pest management, 233–242,(2004).
11. Riley J.R. , Smith A.D. In Computers and Electronics in Agriculture. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, **35**, 151–169, (2002).
12. Frenzel, Louis. *Sistemas electrónicos de comunicaciones*, (Alfaomega, México), 1001. (2003).
13. Bruce G. Colpitts, Member, IEEE, and Gilles Boiteau , IEEE transaction on antennas and propagation, **52**, 11 , 2825-2832. (2004).
14. J. P. Gianvittorio and Y. Rahmat-Samii, *IEEE Antennas Propag. Mag.*, **44**, 1, 20–36, (2002).
15. D. Psychoudakis, W. Moulder, C.-C. Chen, H. Zhu, and J. L.Volakis, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, **7**, 444-447, (2008).
16. Comiso M. IET Microwaves, Antennas & Propagation, **3**, 3, 456–464. (2009).
17. Meloche F, Albert P, Proceedings of the 3rd European Radar Conference, 233-236, (2006).
18. Rida A, Yang L, Vyas R, Tentzeris M, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, **51**,.3, 13-23, (2009).



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SENSORIAL PARA UNA SILLA DE RUEDAS

**Estefanía Cano Martínez, Sandy Guadalupe Salinas Antonio,
Ignacio Algreto-Badillo, Lizbeth Contreras Romero, Aline Ramírez Jaramillo**

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel: 01-971-5224050.
estefanicano09@gmail.com, sandysalinas08@gmail.com
algreodobadillo@sandunga.unistmo.edu.mx, lizbetha2009@live.com.mx,
aramirezj0200@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema sensorial para obtener mediciones del estado físico de una persona cuando se sienta en una silla de ruedas. El objetivo principal del sistema sensorial propuesto es el de adquirir la información de los sensores analógicos, registrarlos digitalmente y presentarlos de manera gráfica. Todo esto es realizado mediante la utilización de diferentes módulos electrónicos y la creación de un software que habilita la captura de datos de entrada de la almohadilla y que son visualizados en la pantalla de una computadora personal. El software desarrollado fue realizado mediante dos programas usando las herramientas de programación Visual Basic 2010 y Visual C# 2010, cuya comunicación de estos programas está basada en el manejo de archivos. Estos datos serán utilizados en un futuro para análisis y ajustes de la silla, de tal manera que el usuario esté en un estado de confort.

ABSTRACT

This paper presents the development of a sensor-based system for measurements of the physical state of a person when sitting in a wheelchair. The main objective of the proposed sensor system is to acquire the analog sensor data, record digitally and present them graphically. All this is done by using different electronic modules and creating software that enables the capture of pad's data input, which are displayed on the screen of a personal computer. The developed software was performed by using two applications: one based on the programming tools Visual Basic 2010 and the other one based on Visual C # 2010; the data communication of these programs is based on file handling. These data will be used for future analysis and adjustment of the wheelchair, so that the user is in a comfortable state.

1. INTRODUCCIÓN

Varios de los problemas actuales de salud de hoy en día son ocasionados por los malos hábitos de las personas (como ingerir alimentos de manera inadecuada, tener malas posturas en diferentes actividades), el no parpadear cuando se trabaja con pantallas (televisores o computadoras), por sufrir accidentes y otras tantas situaciones. En muchas de estas ocasiones existe la necesidad de utilizar algún tipo de instrumento o material para sentirse más cómodo, como por ejemplo el uso de las almohadillas en las sillas. A veces estas últimas pueden llegar a ser incómodas o en ocasiones se da el hecho de que



las sillas no contengan almohadilla y para ello se hace uso de alguna pero que en un momento dado se acalora la persona o ya no se acomoda bien, por tal motivo, es una necesidad poder implementar un sistema que pueda controlar y mejorar la calidad de vida de los humanos para prevenir esas molestias y problemas que se presentan a diario. Los detalles aparecen hasta en situaciones donde la mayoría de los seres humanos no consideran tan insalubres, por ejemplo, si se está sentado frente a la computadora de seis a ocho horas diarias. Esto crea por tal motivo distintas molestias como lo son el dolor de espalda debido a la mala postura, problemas en los riñones como la enfermedad renal crónica, la mala circulación de la sangre en las piernas lo cual genera las úlceras de presión, que por lo general se forman en las partes del cuerpo que ha perdido sensibilidad [1]. Este problema de úlceras aparece en las personas que no sienten y tienen dificultad para moverse, se acuestan o se sientan en una sola posición por mucho tiempo. El peso del cuerpo corta la circulación de la sangre en las partes huesudas. Allí, la piel y la carne mueren y se forman las úlceras [1] que a su vez pueden llegar a ser malignas para el cuerpo.

Para evitar o reducir este tipo de problemas es necesario la creación de algún tipo de almohadilla que pueda ser capaz de medir o tomar los datos de una persona al sentarse en una silla para así analizar si una persona pone más presión de un lado o del otro o si está sentado correctamente y por consecuente realizar correcciones en sus posturas dependiendo de sus diferentes datos obtenidos en el sistema.

En la actualidad se diseñan cojines que ayudan a la medición de la presión pero que en lugares de muy bajos recursos pueden llegar a tener un costo económico demasiado elevado y de tal forma las personas no podrán utilizarlo y seguirán teniendo malestares por la misma falta de sistemas.

Por tal motivo, se requiere de una almohadilla con sensores capaz de medir, analizar y regular los cambios que se vayan presentando en las personas.

La almohadilla por medio de los sensores se comunica con la computadora para visualizar los cambios que se hayan generado al medir, cuando una persona esté en un trabajo de oficina para evitar un decaimiento en la salud de la misma. El desarrollo de este sistema propuesto puede permitir un avance industrial y económico, así como un avance en sistema de salud ya sea en hospitales o en casa o algún otro lugar, donde se pueda dar el uso y buen funcionamiento del cojín que se implementara para una silla de rueda.

En un futuro el sistema, en sí, será capaz de arreglar esas dificultades presentadas ya sea que la silla cambie la postura de la persona sentada, regule la temperatura y la humedad de la almohadilla para evitar las molestias que la misma ocasiona.



2. ANTECEDENTES

Hoy en día, en los diferentes sistemas de comunicación se necesita determinar la función precisa de cada uno de los sistemas así como la comunicación que se establece entre ellos y cómo se realiza el proceso e interacción del sistema con el ser humano.

La comodidad térmica de usuarios de sillas de ruedas, entre otras personas como oficinistas o conductores es una de las principales preocupaciones de la industria dada su influencia sobre la comodidad global. Las industrias con el paso del tiempo han introducido métodos de enfriamiento en interiores de oficinas y automóviles, lo cual conlleva a la realización de diseños de asientos con nuevos materiales y sistemas de calefacción y ventilación para garantizar comodidad del ser humano. Hay que diseñar y desarrollar los sistemas más eficientes y no sólo que resuelvan los problemas, por lo que es necesario investigar y evaluar acerca de nueva tecnología. un sistema de estas características y aplicación puede ser de medición, de control o ambos.

En [2], se menciona que el instituto de biomecánica de valencia (ibv) dispone de un laboratorio de confort térmico en asientos de automóvil en el que se pueden caracterizar las propiedades térmicas de los asientos en diferentes condiciones y en el que se evalúa el nivel de confort térmico.

Las propiedades térmicas de los asientos pueden ser evaluadas realizando pruebas con sujetos en los que se registran medidas fisiológicas bajo condiciones controladas de laboratorio, o bien usando un maniquí térmico que simula el comportamiento humano capaz de producir calor y sudor en las zonas de contacto con el asiento. Dadas la dispersión existente entre la respuesta de los diferentes sujetos y la baja repetitividad de las medidas, disponer de un maniquí con el que se pueda controlar la generación de calor y sudor de forma objetiva en diferentes zonas resulta la mejor opción a la hora de evaluar las propiedades térmicas de un asiento.

El Instituto de Biomecánica de valencia (IBV) dispone de STAN (*Seat Test Automotive Manikin*), un maniquí con tecnología más avanzada que ha sido desarrollado específicamente para evaluar el confort térmico y la transferencia de humedad de los asientos de automoción.

STAN está compuesto por tres segmentos corporales que, a su vez, están divididos en una serie de segmentos térmicos: el segmento de la espalda posee dos zonas térmicas: una zona superior y una zona media. el segmento lumbar corresponde a una sola zona térmica y el segmento inferior está compuesto de tres zonas térmicas: dos piernas y la zona de asiento.

En [1] se muestra el diseño de un modelo de medidor de presión para la piel que se menciona que es sencillo y barato. el instrumento está hecho con globos chicos llenos de agua pintada. Cada globo está amarrado a la punta de un tubo delgado de plástico de 3 metros de largo. Los tubos van pegados a un pedazo largo de tela, que se cuelga de una rama o de una viga, de manera que la punta de la tela quede a la altura de la silla de ruedas(o del colchón de la cama, etc.). Para usar el medidor de presión, se pone con cuidado 5 globos (o menos) sobre el asiento o el cojín abajo de los glúteos de la persona.

En [3] se muestra un sistema de climatización implantados actualmente en automóviles, centrándose en la tipología y características de los refrigerantes utilizados. En particular, se analiza la problemática asociada a los refrigerantes convencionales, suscitada en parte a raíz de las exigencias de la legislación ambiental y por la necesidad de mejorar la eficiencia energética del proceso. Además de que en dicho sistema lo que se estudia mas son los equipos necesarios para la recuperación y reciclado de los equipos, lo cual es uno de los puntos más fundamentales del sistema.

por otro lado en [4] se presenta el desarrollo de varios sistemas de control de una silla de ruedas motorizada para personas de distintas discapacidades físicas, hasta la cuadriplejía. los sistemas



de control están basados en la programación de un plc s7-212 de siemens. la silla se puede controlar mediante joystick, soplo y aspiración o contacto. los objetivos fundamentales perseguidos con este trabajo son: (a) desarrollar un sistema de desplazamiento para mejorar la calidad de vida de personas discapacitadas; (b) desarrollar circuitos y programación de control con aplicaciones inmediatas

los sistemas anteriores tienen como base el bienestar de las personas, pero ninguno se preocupa por intervenir en la salud de ellas, por lo cual es necesario la creación de un sistema que con el futuro pueda llegar hacer capaz de tal cosa y que además de todo pueda proporcionar ayuda en diferentes sectores, tanto para el bienestar como para la comodidad, dada la poca existencia de estos sistemas donde sería necesario llevar un control de los datos o cambios que se puedan producir para así tomar decisiones a futuro que mejoren la calidad de vida.

3. SISTEMA PROPUESTO

Se propone la realización de una almohadilla que pueda ser capaz de proporcionar los cambios producidos tanto en presión, temperatura como humedad cuando las personas se sientan en alguna silla. Esto principalmente para trabajos de oficina o en la escuela, es un sistema de medición que permitirá después controlar o prevenir algunos problemas de salud producidos por el sedentarismo y por la falta de actividad física. El diagrama a bloques del sistema se muestra en la Figura 1.

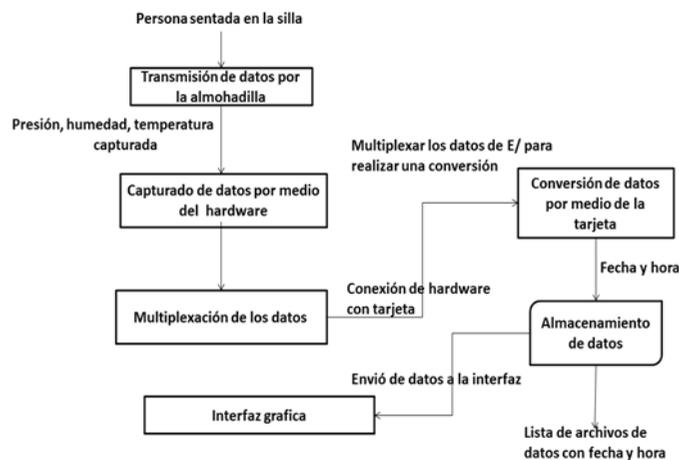


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema.

Uno de los bloques principales del sistema incluye la necesidad de la creación de un software en el que el sistema se pueda basar, que además de todo, permita la interacción con el hardware y que esté constituido por una tarjeta de adquisición de datos. La idea principal es obtener la información de 24 fuentes o sensores que pueda permitir el cálculo y medición de la temperatura, presión y humedad en base a una multiplexación de fuentes de señales analógicas. La multiplexación es analógica y necesaria por las limitadas entradas analógicas, además de que utilizar un gran número de circuitos conversores analógico a digitales (ADCs) es costoso económicamente. Este sistema permitirá medir y, en un futuro, llevar a cabo acciones de control más detallado de las



partes donde las personas colocan mayor peso , cómo regular la temperatura y la humedad. La metodología para el diseño y desarrollo del sistema se realiza en dos partes: desde el punto de vista en hardware y en software, ver Figura 2.

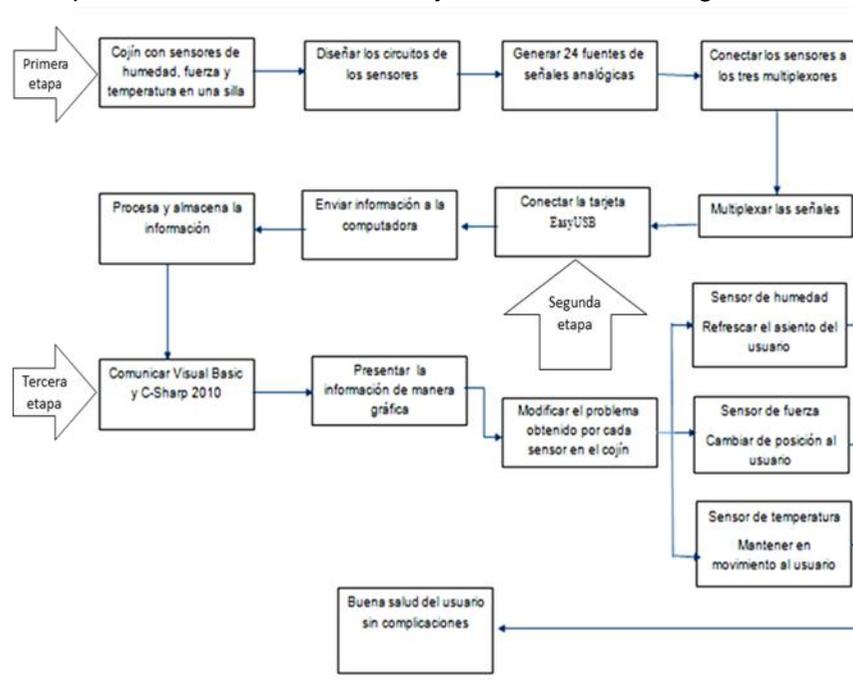


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología para el diseño y desarrollo del sistema. *Primera etapa:* Para el primer punto de vista, se tiene que la metodología es:

- Diseñar los circuitos analógicos de cada sensor
 - Sensores de temperatura
 - Sensores de presión
 - Sensores de humedad
- Realizar la etapa de multiplexación analógica de las fuentes de información generadas por los circuitos de los sensores.
- Conectar las salidas multiplexadas a las entradas ADC de la tarjeta EasyUSB.
- Conectar la tarjeta EasyUSB por medio de un periférico de entrada a la computadora.

Segunda etapa: Para la elaboración del software, la metodología es la siguiente:

- Creación de archivos en visual C# para guardar los datos entrantes.
- Creación de un programa en visual basic para trabajar con archivos creados en C# (C sharp).
- Diseño de la interfaz en Visual basic para cada tipo de sensor, así como una interfaz principal.
- Comunicar Visual Basic con Visual C# para tener conexión con los archivos.



Tercera etapa: En esta etapa se realiza la comunicación tanto de la parte del hardware como la del software, para posteriormente validar y visualizar los resultados en una computadora personal.

4. IMPLEMENTACIÓN

Para la realización del sistema sensorial implementado en la silla de ruedas, se llevó a cabo la distribución de los 24 sensores, ver Figura 3: a) siete FSR [5] que tienen como función el detectar la presión o fuerza que la persona ejerce sobre él, lo que permite medir los puntos de presión y con qué presión se presenta en la almohadilla, b) doce sensores de temperatura LM35 [6] que se utilizaran para medir la temperatura tanto del asiento como de la persona que se sentara y c) cinco sensores de humedad HS1101 [7] que tiene como función la de medir la humedad de la almohadilla antes y después de que la persona se siente. La señal digital del sensor de humedad es convertida a una señal analógica mediante la integración de su información.

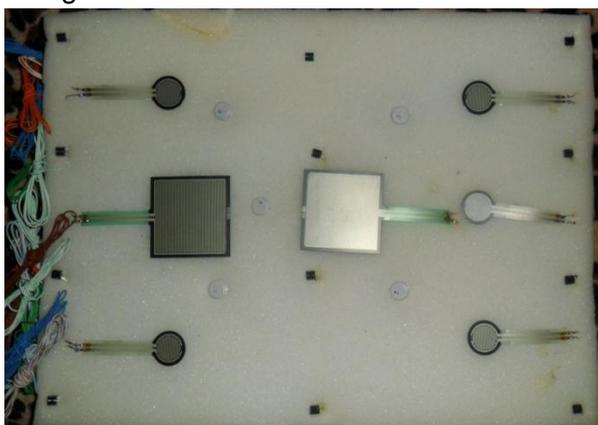


Figura 3. Distribución de los sensores sobre la almohadilla.

Cada uno de los sensores fue acondicionado para generar información analógica con un buen rango de representación, lo cual está enfocado a la medición de las condiciones humanas cuando se está sentado.

Por el lado del software, para el diseño y desarrollo del algoritmo propuesto, se empleó el manejo de una computadora ayudado del uso del entorno de programación de Visual Basic 2010 y Visual C# (C-Sharp) 2010.

Visual Basic 2010 permite la aplicación que por medio de archivos se pudieron conectar a la información de los sensores y visualizar los datos obtenidos por los sensores. Visual C# permite la aplicación para la graficación de esos datos que serán visualizados para llevar a cabo la medición. Se tuvieron que comunicar las dos aplicaciones; en sí, los dos acceden a los archivos nada más que el primero guarda la información en el archivo asociado (hay uno para cada sensor), entonces lo que hace el segundo es que esa información guardada se interprete en los gráficos para visualizar los datos obtenidos por el sistema, ver Figura 4.

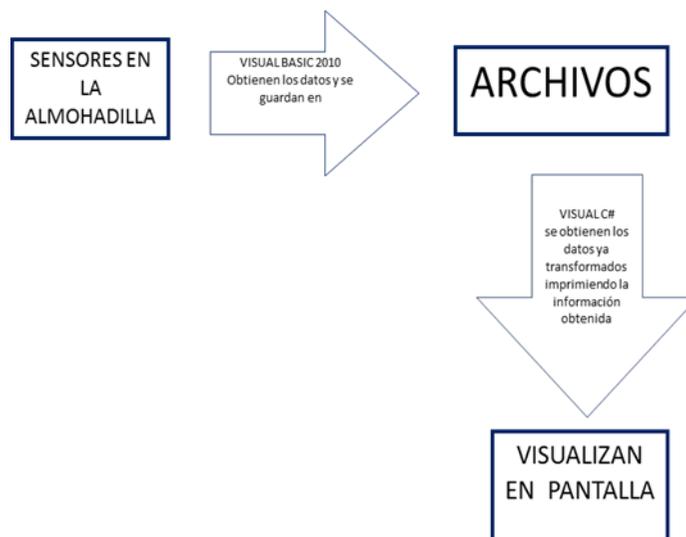


Figura 4. Comunicación entre las dos aplicaciones para el software de medición.

El uso de Visual Basic 2010 se debe a las condiciones de la tarjeta de adquisición de datos, ver Figura 5, ya que en esta tarjeta sólo se puede acceder a ella por medio del programa Visual Basic 2010; esto se debe a sus especificaciones como lo son las librerías de Visual Basic que están enfocadas a la tarjeta definidas para su uso.

Figura 5. Tarjeta EasyUSB IO



Por otro lado, la aplicación en Visual C# 2010 tuvo motivación debido a que se deseaba visualizar gráficamente los valores de los sensores, permitiendo que el usuario interactúe con el software. Las ventajas de utilizar Visual C# fue el hecho de que la información que se obtenía del sistema se podía guardar con mayor facilidad en archivos y que tenía bibliotecas para gráficas muy descriptivas. La desventaja que se dio fue al querer conectar Visual C# con Visual Basic, dado que trabajan de manera diferente, es que se necesitaba de una instrucción para obtener los archivos que se crearon. La comunicación se dio por medio de los archivos, en Visual Basic guarda la información de los sensores en los archivos y en Visual C# toma la información de los archivos y la presenta en modo gráfica.

Al igual que se ocupó Visual Basic, se utilizó Visual C#, el cual tuvo como ventaja el hecho de ser un sistema con más herramientas para crear gráficos lo que no se obtenía con el primero. Las desventajas del programa fueron al momento de hacer la conexión



con la tarjeta EasyUSB ya que no se podía establecer conexión por el problema de librerías y del Framework que se encontraba en 2.0, por lo cual se necesitó exportar las librerías y hacer el reajuste en el Framework por el 4.0 que es con el que la tarjeta opera excelentemente.

5. RESULTADOS

Una vez implementado la parte del hardware, del software y su comunicación, se procedió a las pruebas y validaciones, obteniéndose mediciones y ajustes a través de otros sistemas de medición que permitieron calibrar y comprobar las variables medidas. En la Figura 6 se presenta la interfaz gráfica del sistema y en la Figura 7 se tiene el hardware del sistema de medición.



Figura 6. Interfaz del Software

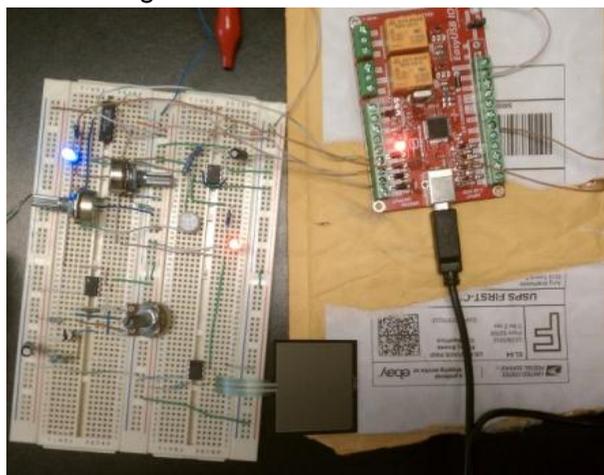


Figura 7. Hardware del sistema de medición

Cada una de las fuentes genera información y debido a la rapidez de la ejecución de las instrucciones y del diseño del algoritmo. La parte gráfica de la aplicación cuando se adquieren los datos presenta la información en tiempo real y ofrece la sensación de que se están midiendo al mismo tiempo todos los sensores. Por ejemplo, en la Figura 8 se muestra lo que sucede cuando se modifica alguno de los 24 sensores.

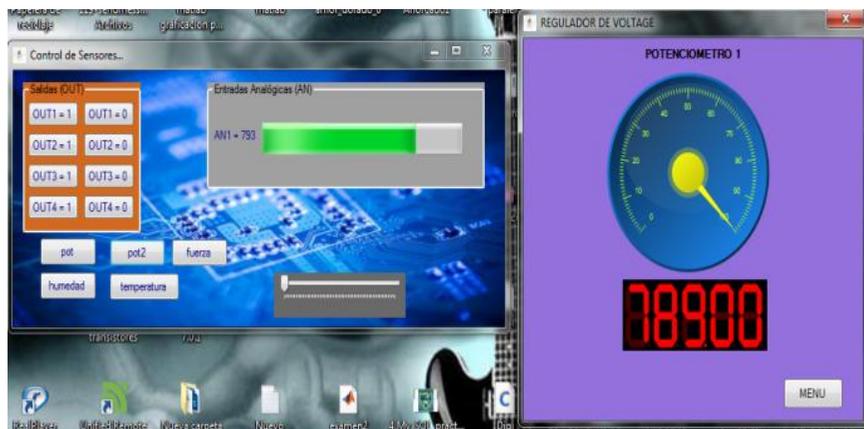


Figura 8. Implementación del software operando en la medición del sensor de fuerza. De esta manera, se pueden observar los diferentes valores que cada sensor proporciona y cómo cambian o varían dependiendo de donde se originen las mediciones. Los valores obtenidos por medio de la almohadilla al interactuar con la tarjeta y el software son muy importantes puesto que podrá servir para corregir los problemas como la mala posición del usuario en la silla de ruedas al estar mucho tiempo sentado en la silla. Unos detalles de implementación se presentaron por la adaptación de los sensores a la almohadilla, ver Figura 3, para que no se doblaran o se dañaran los sensores, sobre todo los sensores de temperatura que pueden trozarse sus terminales al momento en el que el usuario se sienta en la silla, ver Figura 9, y, sobre todo, el tiempo que tardará dicha persona en la almohadilla.



Figura 9. Implementación de la almohadilla en silla de ruedas. Con la obtención de los datos, se almacena la información en los archivos, los cuales también son utilizados para su presentación en la interfaz, graficando de tal manera se obtenga la fecha y la actualización continua del sistema que serán de 5 minutos aproximadamente. El sistema debe de considerar que hay un tiempo de conversión de la



información analógica a digital, por lo que es necesario hacer un retardo al momento de seleccionar el sensor para leer su información. Si no se genera ese retardo, hay lecturas incorrectas.

Una parte muy importante es que los registros de cada señal se almacenan siempre y cuando haya alguna variación. Los datos almacenados son: el número de sensor, valor de inicio, fecha, hora, valor de cambio y valor aparece una modificación en la medición.

Al analizar los datos obtenidos por los sensores, la solución que se presentaría en un futuro sería el de proponer algoritmos y sistemas de actuadores para el control y la automatización que permitan regular y evitar problemas de salud del usuario de la almohadilla. Por ejemplo, a través de motores que cambien la elevación e inclinación de la almohadilla, se puede modificar la postura de la persona al estar mucho tiempo sentada de cierta manera y modificando su postura después de cierto tiempo determinado. Por otro lado, si se está transpirando, implementar un sistema de regulación para mantener de manera constante una temperatura y humedad, ventilando, enfriando o calentando los músculos del usuario y con esto mejorar su calidad de vida.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO CA-9

6. CONCLUSIONES

En conclusión se puede decir que para el mejoramiento de la salud de las personas es necesario establecer el buen funcionamiento del cuerpo que es el que principalmente padece las enfermedades tanto provocados por terceras personas, por el medio, así como de los malos hábitos de las mismas personas; por tal motivo el sistema propuesto en una almohadilla tiene la capacidad de medir varias variables de las condiciones cuando una persona está sentada para que en un futuro se realicen acciones de la forma correcta de cómo sentarse o de corregir esas malas posturas tanto en el asiento como en el respaldo de una silla o de regular las condiciones de temperatura y humedad.

El procedimiento de la multiplexación es importante cuando se presentan varias fuentes de información y cómo se va obteniendo la comunicación con otras fuentes, donde se multiplexa por tiempo y por código. Otro beneficio que se obtuvo es que no se requería un número proporcional de conversores analógico-digital, que elevarían el costo económico del sistema propuesto.

La comunicación se llevaba a cabo mediante la utilización de la información recibida que es guardada en archivos para posteriormente ser graficados. De esta manera se tenía la comunicación entre dos entornos diferentes como Visual Basic y Visual C# 2010. Los 24 sensores fueron colocados de manera que se encontraban agrupados en la almohadilla y en una superficie cuando una persona adulta de alrededor de 55 kilogramos se sienta.

Finalmente, es que hay que tomar en cuenta los tiempos de conversión, ya que si no se hacía ese retardo, se generaba información errónea tanto en los registros como en la interfaz gráfica, presentándose como ruido.



REFERENCIAS

1. David Werner with the PROJIMO team and many friends, Nothing about Us Without Us: Developing Innovative Technologies For, By, and with Disabled Persons, “Cojines y probadores de presión para las llagas de presión”, (Published by healthwrights workgroup for people’s health and rights post office box 1344 Palo Alto, CA 94302 USA), 155-164, (1998).
2. Instituto de Biomecánica de Valencia, revista de BIOMECANICA, publicación semestral al cuidado de la calidad, Vol 51,20-24, enero 2009.
3. Francisco Mata Cabrera, Sistema de climatización de automóviles, Problemática medioambiental de los refrigerantes, Escuela Universitaria Politécnica de Almadén. Universidad de Castilla-La Mancha, Ingeniería, Enero-Marzo 2004, Vol.VII, No.22.
4. C.D. Rigano, J.P.Bottani, A. Romano, R.Moro Zubillaga y O.A.A. Orqueda, Sistema de control de una silla de ruedas motorizada para personas cuadripléjicas, departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica Nacional- facultas regional de Bahía Blanca (UTN-FRBB), 11 de abril 461- (800) Bahía Blanca- Argentina.
5. Interlink electronics, sensor technologies: FSR 400 Data Sheet.
6. National Semiconductor Corporation TL/H/5516: LM35/LM35A/LM35C/Lm35CA/LM35D. Precision centigrade temperature sensors, RRD-830M75/Printed in U.S.A, December 1994.
7. HD Humirel, technical data, relative humidity sensor HS 1100/ HS 1101, HPC001 Rev. 7 June 2002.



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MICROESPEJO BASADO EN TECNOLOGÍA CMOS CON BAJA VOLTAJE DE OPERACIÓN

M. Lara-Castro, F. López-Huerta, A. L. Herrera-May

Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Calzada Ruiz Cortines 455, 94292, Boca del Río, Ver., México.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño y simulación de un microespejo basado en tecnología CMOS con mecanismo de accionamiento electro térmicos los cuales se encuentran en el mismo sustrato de silicio, el diseño completo se encuentra en un área de 2.25 mm^2 . El microespejo está formado por un plato rectangular de $400 \times 400 \mu\text{m}$, 4 actuadores tipo trampolín de $600 \times 40 \mu\text{m}$ y cuatro resortes flexibles de $250 \times 10 \mu\text{m}$. Los desplazamientos y el ángulo de inclinación son activados por acción electro térmica, el paso de la corriente eléctrica genera un incremento de temperatura y este incremento genera la deformación de los resortes flexibles para mover el microespejo. Los resultados obtenidos a través de las simulaciones realizadas por el método de elemento finito mediante el software ANSYS® nos muestran una frecuencia de resonancia de 3.26 kHz, un desplazamiento de 2.4 a 50 micras con rangos de voltaje de 80 mV a 1 V. Este microespejo puede ser utilizado para aplicaciones biomédicas como tomografía de coherencia óptica o en microscopia confocal.

Descriptores: ANSYS, CMOS, Electro térmico, Método de Elemento Finito, Microespejo.

Abstract

In this work, we present the design and simulation of a micromirror based on MEMS Technology is presented. It has an electrothermal actuation mechanism, located on the same silice substrate. It requires a 2.25 mm^2 area to be placed. Structurally, the micromirror is formed by a rectangular plate of $400 \times 400 \mu\text{m}$, 4 cantilever actuators of $600 \times 40 \mu\text{m}$ and 4 flexible springs of $250 \times 10 \mu\text{m}$. Displacement and tilt angle deflection of the micromirror are generated by the Joule heating effect, it means that a current flow generates temperature increasing and it deforms the flexible springs, so that the micromirror moves. Finite element analysis was performed by simulation using ANSYS® software. The results obtained show that the device has a 3.26 kHz resonant frequency. Also, a 2.4 to 50 microns displacement was presented with a voltage actuation of 80 mV to 1V range. Some of the applications of the micromirror developed can be in biomedicine fields, like optical coherence tomography or confocal microscopy.

Keywords: ANSYS, CMOS, electrothermal, finite element analysis, micromirror.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los sistemas electromecánicos (MEMS) están siendo utilizados en diferentes áreas del conocimiento como agricultura, medio ambiente, comunicaciones, medicina, biomedicina, óptica [1]. Los sistemas o sensores desarrollados bajo esta tecnología ofrecen ventajas gracias a su miniaturización, las cuales incluyen el peso ligero, disminución del consumo de potencia, sensibilidad y la reducción del costo al producirse en masa [2]. Esta tecnología es el resultado de la combinación de elementos mecánicos y eléctricos que se encuentran en un mismo



sistema. Esta tecnología es ampliamente utilizada en combinación con el proceso convencional metal oxido semiconductor complementario (CMOS) [3], para formar dispositivos CMOS-MEMS. Los cuales explotan la combinación de estas tecnologías y los podemos encontrar en nuestra vida diaria, por ejemplo giroscopios y acelerómetros en teléfonos celulares inteligentes los cuales rotan la imagen de acuerdo a un eje de rotación, en automóviles, computadoras [4-5], además podemos encontrar el uso de microespejos en aplicaciones de comunicaciones ópticas, alta densidad de almacenamiento de datos, astronomía, medicina [6-7]. Para la fabricación de microespejos es necesario que cumplan con ciertas características como son conmutación rápida, ángulo de rotación grande, alta reflectividad, para garantizar un nivel de rendimiento aceptable. Para obtener estas características diversos autores han desarrollado microespejos con accionamiento electrostático, térmico, magnético y piezoeléctrico. Los microespejos de exploración pueden ser accionados electrostáticamente ya que ofrecen una alta velocidad y una buena gama de deflexión angular [8]. En general, este tipo de mecanismo de accionamiento requiere voltajes de funcionamiento cercano a los cientos de volts, pero el proceso de fabricación es un proceso caro y relativamente complejo [9]. Los microespejos accionados bajo el principio térmico han demostrado una gran amplitud de movimiento estático [10]. En términos generales, el accionamiento térmico se basa en vigas mixtas. Cuando una corriente circula a través de un lazo de aluminio, el cual se encuentra entre los polisilicios, este se dobla se dobla debido a una diferencia en el coeficiente de expansión térmica de los dos materiales. El proceso de fabricación del actuador térmico es simple en comparación con los mecanismos electrostáticos. Sin embargo, el consumo de potencia es relativamente alto y la velocidad de conmutación son factores limitantes para el uso de mecanismos de accionamiento térmico [11]. En este trabajo nosotros proponemos el diseño de un microespejo integrado en el proceso comercial CMOS de 0.6 μm para aplicaciones de tomografía de coherencia óptica.

Este trabajo está conformado de la siguiente forma. En la sección 2, se presenta el marco teórico de los microespejos. En la sección 3 se presenta el diseño completo del microespejo. Mientras que en la sección 4 presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y se plantea el trabajo futuro.

2. TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA

La tomografía de coherencia óptica (TCO) es una técnica de imagen tomográfica óptica, no invasiva e interferométrica, que ofrece una penetración de unos cuantos milímetros en el tejido biológico con una resolución axial y lateral de escala micrométrica. La técnica fue demostrada por primera vez en 1991 con una resolución axial de $\sim 30\mu\text{m}$ [12]. En 2001 la TCO alcanzó una resolución submicrométrica debido a la introducción de fuentes de luz de banda amplia (fuentes que emiten longitudes de onda sobre un rango de $\sim 100\text{ nm}$). Ahora la TCO es una técnica de imagen ampliamente aceptada, especialmente en oftalmología, otras aplicaciones biomédicas, y la conservación de obras de arte.

Los microespejos para aplicaciones de tomografía óptica coherente son utilizados para obtener una alta resolución de imágenes endoscópicas en tejidos biológicos *in situ* y en tiempo real [12]. Estos microespejos pueden distinguir entre diferentes capas de tejido pudiendo diferenciar entre lesiones con tumor o normal en el tracto gastrointestinal o bien en la piel, esta técnica es de no contacto y permite tomar imágenes *in vivo* de la dermis humana la adquisición de las imágenes puede ser de hasta 20 cuadros por segundo.



3. DISEÑO DE MICROESPEJOS

El diseño de los microespejos se basa en el proceso tecnológicos del proceso CMOS de 0.6 μm , el cual cuenta con 3 niveles de metal (aluminio), una capa de alta resistividad y dos niveles de polisilicio. Con estas capas, se diseñó el microespejo el cual se encuentra en un área de 2.25 mm^2 . El aspecto novedoso de este diseño es la integración de los actuadores electro térmicos, los cuales están compuestos por vigas de polisilicio que logran el movimiento fuera del plano y el ángulo de desplazamiento. Los resortes, son parte del mecanismo de movimiento con los cuales podemos obtener un control más preciso del dispositivo y para lograr mayores desviaciones. En la Figura 1 se muestra el diseño del microespejo, el cual consta de cuatro actuadores electro térmicos de 600 micras por 40 micras conectados mediante los resortes al microespejo, los actuadores están diseñados con dos capas de polisilicio Poly1 y Poly2. El microespejo y los resortes son de una sola capa de Poly2.

4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de elemento finito que se llevó a cabo mediante el software ANSYS[®], para determinar el comportamiento electro térmico y estructural del microespejo, mediante el efecto de la temperatura debido al Efecto Joule. Para ello, se utiliza el análisis estructural-electro térmico del elemento SOLID227; las cargas como voltaje, temperatura y desplazamiento, se aplican únicamente sobre los actuadores. La temperatura aplicada es de cero grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) y la restricción de desplazamiento se aplica, al igual que la temperatura, en los nodos que se encuentran sobre la parte frontal de cada actuador. El voltaje en cd (corriente directa) aplicado es el tipo de carga que se fue variando en las simulaciones. Cada actuador tiene dos capas, en la capa superior se aplica el voltaje deseado y en el inferior aplican cero volts para cerrar el circuito con GND (tierra). Para encontrar la frecuencia de resonancia del sensor, se utilizó el elemento SOLID186 y, al igual que el análisis estructural-electro térmico, las restricciones de desplazamiento se aplicaron en la parte frontal de cada actuador.

Se realizaron dos simulaciones con pasos de carga, la primera de 0.08 V a 0.12 V con incrementos de 0.01 V (figuras 1, 2, 3, 4 y 5), y la segunda con solo un paso de carga de 1V (figura 6). Los desplazamientos obtenidos son 2.42, 3.06, 3.78, 4.58, 5.45 y 707.97 micras respectivamente.

Los resultados del análisis modal se muestran en las figuras 7 y 8, que corresponden al primero y segundo modo de vibración del microespejo, los cuales son 7.40 y 7.43 kHz.

En las figuras 9 y 10 se presenta la distribución de la temperatura sobre el microespejo. Para valores de voltaje aplicados de 0.08 V, la temperatura obtenida es de 10.45 $^{\circ}\text{K}$, y 23.52 $^{\circ}\text{K}$ si se le aplican 0.12 V. Estos valores indican que la estructura del sensor no se ve afectada por el incremento de temperatura en el microespejo, ya que son valores muy bajos considerando que el límite para el polisilicio es de 1400 $^{\circ}\text{K}$.

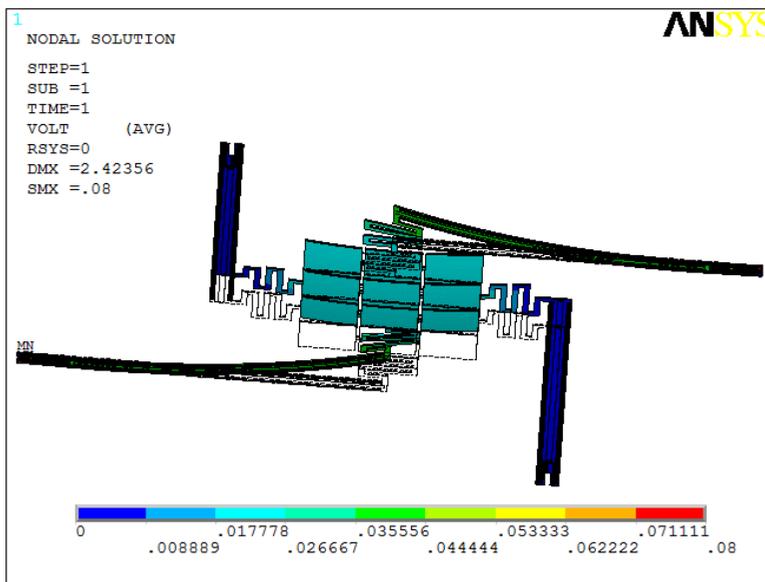


Figura 1. Simulación del microespejo con 0.08 V.

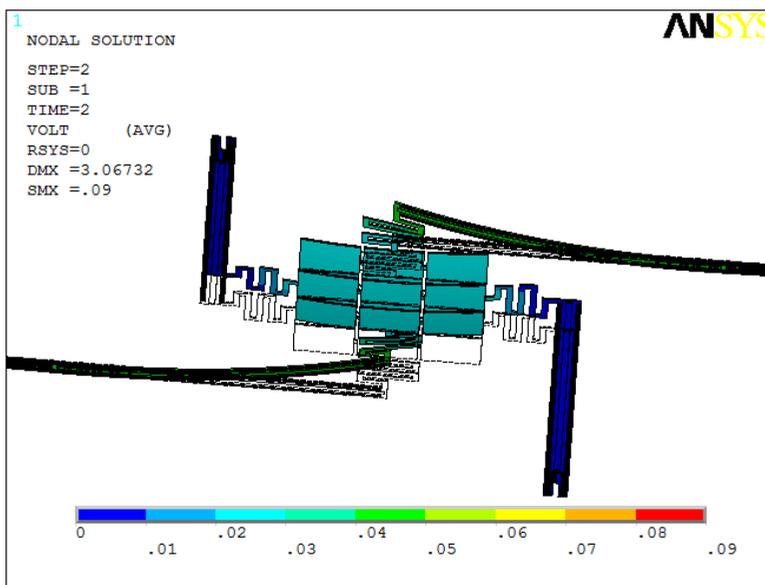


Figura 2. Simulación del microespejo con 0.09 V.

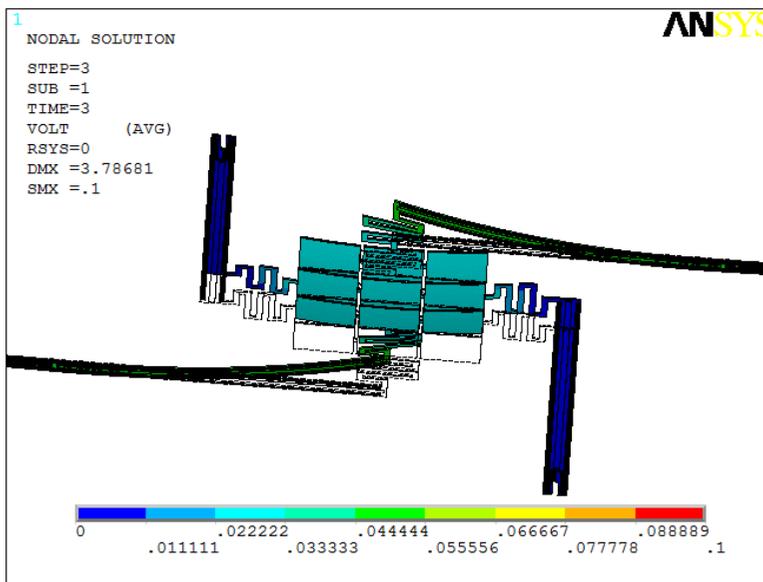


Figura 3. Simulación del microespejo con 0.1 V.

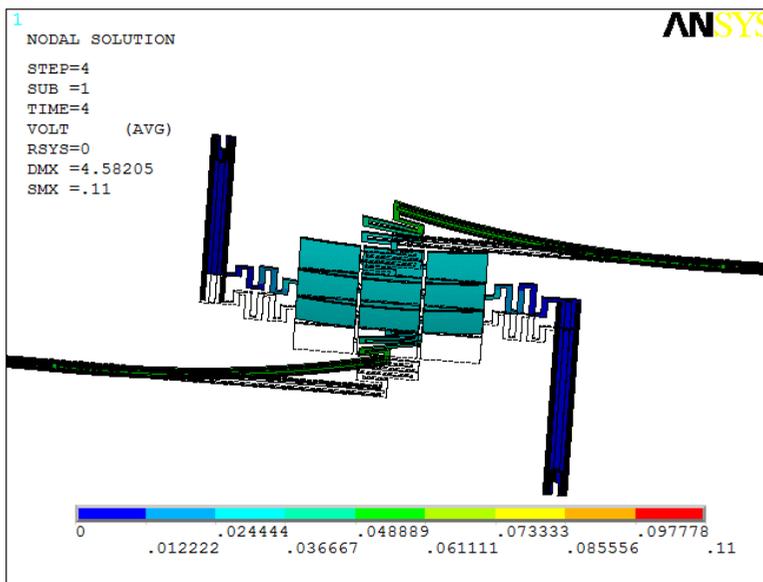


Figura 4. Simulación del microespejo con 0.11 V.

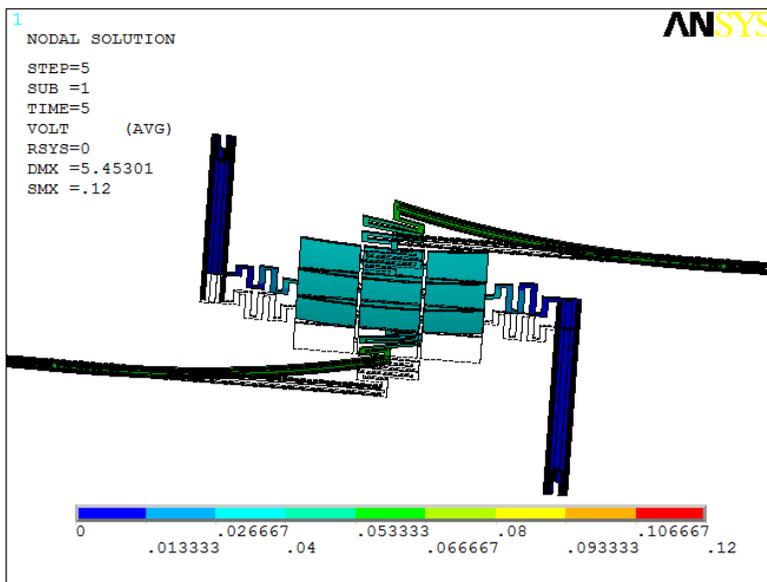


Figura 5. Simulación del microespejo con 0.12 V.

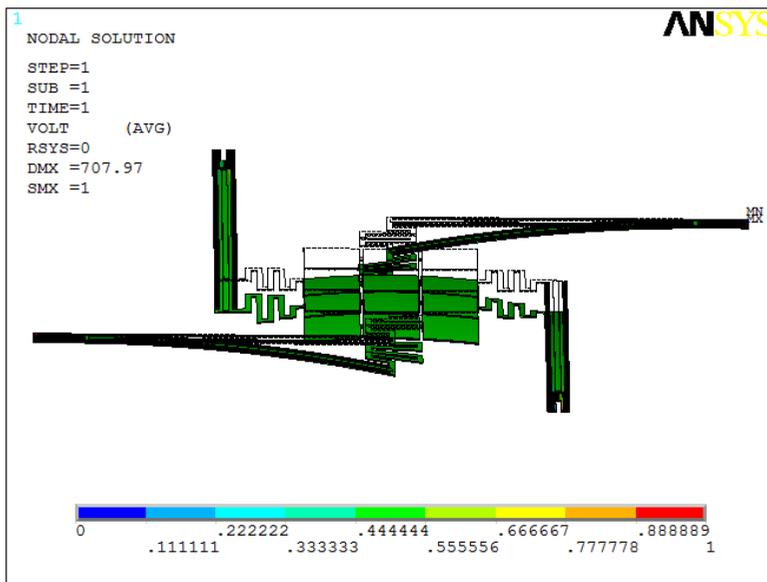


Figura 6. Simulación del microespejo con 1 V.

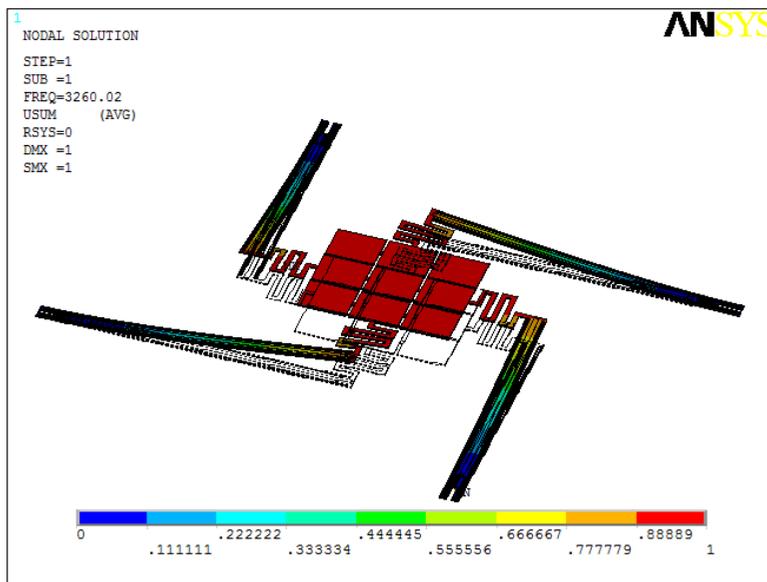


Figura 6. Resultado del análisis modal, primer modo de vibración a 3.26 kHz

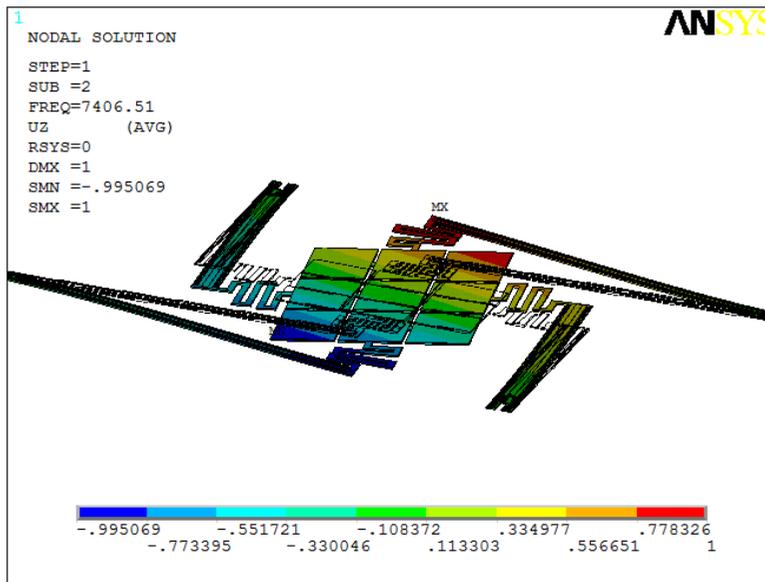


Figura 7. Resultado del análisis modal, segundo modo de vibración a 7.40 kHz.

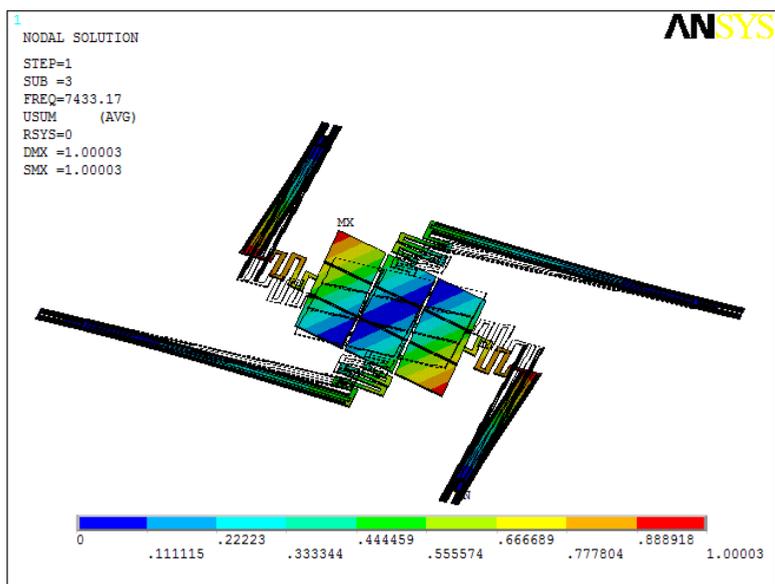


Figura 8. Resultado del análisis modal, tercer modo de vibración a 7.43 kHz.

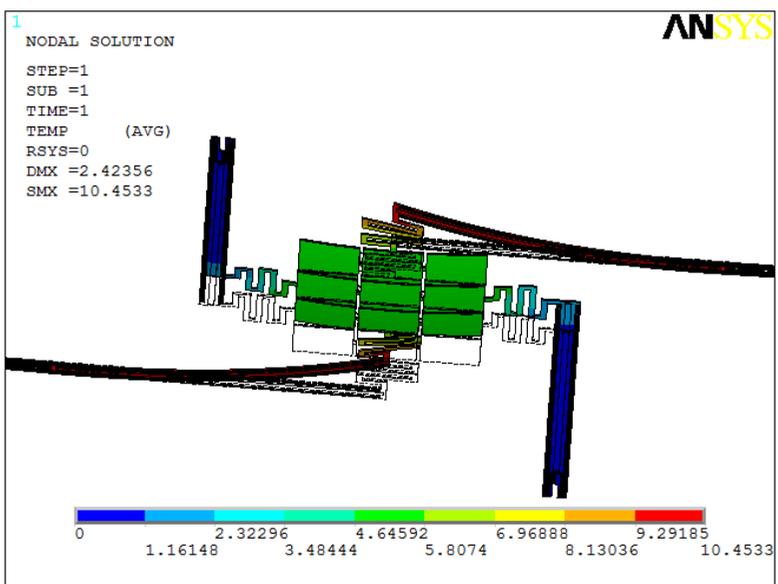


Figura 9. El resultado muestra temperaturas de operación bajas 10.45 máximo.

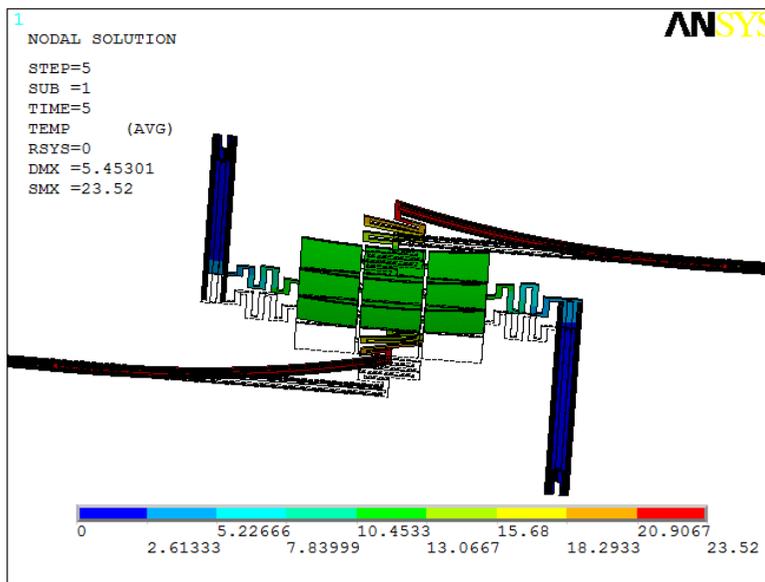


Figura 10. El resultado muestra temperatura baja, 23.52 máximo.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el diseño y simulación de un microespejo basado en tecnología CMOS con mecanismo de accionamiento electro térmicos los cuales se encuentran integrados en el mismo sustrato de silicio. El microespejo está formado por un plato rectangular de $400 \times 400 \mu\text{m}$, 4 actuadores tipo trampolín de $600 \times 40 \mu\text{m}$ y cuatro resortes flexibles de $250 \times 10 \mu\text{m}$, el sistema MEMS ocupa un área de 2.25 mm^2 . Los desplazamientos y el ángulo de inclinación son activados por acción del efecto Joule, el paso de la corriente eléctrica genera un incremento de temperatura y este incremento genera la deformación de los resortes flexibles para mover el microespejo. Los resultados obtenidos a través de las simulaciones realizadas con ANSYS®, se encontraron los modos de vibración, los desplazamientos máximos e incrementos de la temperatura debidos al paso de la corriente eléctrica, la frecuencia de resonancia fundamental se encontró en 2.38 kHz, y para los desplazamientos fue de 2.4 a 50 micras con rangos de voltaje de 80 mV a 1 V, respectivamente. Este microespejo puede ser utilizado para aplicaciones biomédicas como tomografía de coherencia óptica o en microscopía confocal.



6. REFERENCIAS

- [1] A. L. Herrera-May, L. A. Aguilera-Cortés, P. J. García-Ramírez, E. Manjarrez, “Resonant magnetic field sensors based on MEMS technology,” *Sensors*, **2009**. 9, 10, 7785-7813.
- [2] F. López, A. L. Herrera, J. Estrada, C. Zúñiga, B. Cervantes, E. Soto, B. Soto. “Alternative Post-Processing on a CMOS Chip to Fabricate a Planar Microelectrode Array”. *Sensors*. 2011, 11, 10940-10957.
- [3] F. López, J. Estrada, M. Linares, C. Zúñiga & B. Soto. Study and Comparison of CMOS layouts for applications in analog circuits, *Journal of Scientific & Industrial Research* (2012) 257-261
- [4] J.B. Sampsel, “An overview of Texas Instruments digital micromirror device (DMD) and its application to projection displays,” in *Proc. Soc. Int. Symp.*, 1993, vol. 24, pp. 1012-1015.
- [5] Youngjoo Yee, Hyo-Jin Nam, See-Hyung Lee, Jong Uk Bu, Young-Sam Jeon, and Seong-Moon Cho, “PZT Actuated micromirror for nano-tracking of laser beam for high-density optical data storage,”
- [6] Kristin H Gilchrist, Ryan P McNabb, Joseph A Izatt, and Sonia Grego, “Piezoelectric scanning mirrors for endoscopic optical coherence tomography,” *J. Micromech. Microeng.* 19 (2009) 095012.
- [7] Dae-Hyun Kim, Min-Wu Kim, Jin-Wan Jeon, Koeng Su Lim, and Jun-Bo Yoon, “Mechanical Reliability of a Digital Micromirror with Interdigitated Cantilevers,” *J. Micromech. Microeng.* Vol. 19, 5 pp. 1197-1205. Oct 2010.
- [8] Hongbin Yu, Haiqing Chen, “Development of a novel micromirror based on surface micromachining technology,” *ELSEVIER. Sensors and Actuators A* 125 (2006) 458-462.
- [9] Si-Hyung Lim, Jongeun Choi, Roberto Horowitz, and Arunava Majumdar, “Design and Fabrication of a Novel Bimorph Micro-Opto-Mechanical Sensor,”
- [10] J Shigh, J H S Teo, Y Xu, C S Premachandran, N Chen, R Kotlanka, M Olivo, and C J R Sheppard, “A two axes scanning SOI MEMES micromirror for endoscopic bioimaging,” *J. Micromech. Microeng.* Vol. 18 (2008) 025001.
- [11] Heung-Shink Lee, Chongdu Cho, and Myeong-Woo Cho, “Magnetostrictive Micro Mirrors for an Optical Switch Matrix,” *Sensors* 2007, 7, 2174-2182.
- [12] Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA, et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991 Nov 22;254(5035):1178-81.



ELECTROENCEFALÓGRAFO AMBULATORIO INALÁMBRICO CON MEMORIA Y DETECCIÓN DE MOVIMIENTO

José Daniel Pinzón Vivas, Francisco José Heredia López, Gloria Arankowsky Sandoval

Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi

daniel.pinzon@live.com.mx, hlopez@uady.mx, asandov@uady.mx

RESUMEN

La electroencefalografía (EEG) es una herramienta que ayuda en el diagnóstico de enfermedades como la epilepsia. En algunos casos se debe ubicar el foco epiléptico para tratar correctamente esta enfermedad, pero en algunas ocasiones el EEG post-crisis no presenta esta información. En estos casos, se intenta inducir una nueva crisis, sin embargo, no se puede mantener al paciente en observación indefinidamente y no se sabe cuándo ocurrirá el nuevo episodio. Un electroencefalógrafo ambulatorio eliminaría la limitación de realizar el estudio en un hospital, y al contar con su propia memoria no necesitaría estar conectado a una PC, como otros modelos "portátiles". Otra limitante de los sistemas ambulatorios es que se conectan a su módulo de memoria a través de cables, lo que en este caso se eliminará haciendo uso de transmisores de radiofrecuencia que intercambiarán datos inalámbricamente. Junto con todo lo anterior, el sistema debe de cumplir con las especificaciones mínimas de diseño y seguridad para EEG. La autonomía del sistema estará determinada por el consumo mínimo que requieran los componentes y la capacidad de la batería, lo cual, en cálculos preliminares, nos da una autonomía de unas cuantas horas. Para sortear esta última limitante, se ha incluido un acelerómetro, el cual detectará los movimientos del paciente y determinará cuando el sistema deberá estar activo, tomando en cuenta los movimientos característicos de una crisis epiléptica.

ABSTRACT

Electroencephalography (EEG) is a helpful tool in the diagnosis of diseases such as epilepsy. In some cases the epileptic focus must be located to properly treat this disease, but in occasions the post-crisis EEG does not present this information. In these cases, it is attempted to induce a new crisis, however, the patient cannot be maintained in observation indefinitely and it is not known when the new episode will occur. An ambulatory EEG would eliminate the limitation of doing the study in a hospital, and having its own memory, wouldn't need to be connected to a PC, as other "portable" models. Another limitation in ambulatory systems is that they are connected to the memory module through wires, which in this case is removed by making use of RF transmitters that will exchange the data wirelessly. Along with the above mentioned, the system must meet the minimum specifications and safety design for EEG. The autonomy of the system is determined by the minimum power required by the components and the capacity of the battery, which in preliminary calculations, gives us a range of a few hours. To overcome this last limitation, we have included an accelerometer, which detects the patient's movements and determines when the system should be active, taking into account the characteristic movements of a seizure.



1 INTRODUCCIÓN

La electroencefalografía (EEG) es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral, y está indicada en el diagnóstico de enfermedades de origen cerebral como la epilepsia, encefalopatías, trastornos del sueño, coma, y muerte cerebral, entre otros.

La epilepsia es una enfermedad crónica caracterizada por uno o varios trastornos neurológicos que dejan una predisposición en el cerebro para generar convulsiones. Una convulsión o crisis epiléptica es un evento súbito caracterizado por una anormal y excesiva actividad neuronal.

Existen distintos tipos de epilepsia, y ésta puede ser originada por gran variedad de factores: genéticos, infecciones, trastornos metabólicos, traumatismos, tumores o ser idiopática (causa desconocida). En algunos casos, para tener un mejor diagnóstico de la epilepsia e indicar el tratamiento adecuado se debe ubicar el origen de la actividad cerebral anormal (foco epiléptico), lo cual se hace mayormente por medio de la electroencefalografía.

Un electroencefalógrafo tradicional cuenta con un módulo para la adquisición de datos y otro para plasmar la información en papel, lo que generalmente resulta en una máquina grande y pesada (Figura 1), que debe de ser operada por un técnico capacitado.



Figura 1. Ejemplo de un electroencefalógrafo tradicional.

Con la introducción de la electroencefalografía digital los tamaños se redujeron drásticamente, sustituyendo la impresión en papel por la visualización a través de una pantalla (Figura 2), incluyendo software de procesamiento cada vez más avanzado.



Para obtener un EEG el paciente debe acudir a una clínica o laboratorio para que se le haga el estudio bajo la supervisión de un operador. En algunas ocasiones, el EEG tomado después de la última crisis epiléptica no presenta información relevante. En estos casos, se mantiene al paciente en observación y se intentan reproducir las causas probables de la crisis para provocar una nueva y obtener su EEG. Sin embargo, el nuevo episodio epiléptico puede tardar desde unos cuantos días hasta varios meses en ocurrir, y no se puede mantener al paciente en observación indefinidamente, ya que debe de seguir con sus actividades normales.



Figura 2. Ejemplo de un electroencefalógrafo digital.

Este trabajo presentará el desarrollo de un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria y detección de movimiento, que pueda ser utilizado de manera cotidiana, lo cual permitirá guardar la información de la próxima crisis del paciente sin que este tenga que permanecer en observación.

Trabajos previos han desarrollado electroencefalógrafos portátiles [1] [2] [3] [4] [5], los cuales puedan ser operados sin la necesidad de acudir a un hospital. Sin embargo, algunos de estos diseños trabajan de manera conjunta con una PC (no son autónomos), y otros no cumplen con los requerimientos mínimos de diseño y/o seguridad (omitiendo muchas veces esto último). Los dispositivos ambulatorios más completos se encuentran en el ramo comercial [6] (Figura 3), pero no son accesibles a cualquier paciente y las señales aún se transmiten de manera cableada.



Figura 3. Dispositivo ambulatorio Trea.
Distribuidos por la empresa GRASS TECHNOLOGIES.



2 ANTECEDENTES

Para desarrollar un electroencefalógrafo que cumpla con los criterios mínimos de diseño y seguridad para EEG hay que entender los conceptos básicos de electroencefalografía y de seguridad eléctrica.

2.1 Seguridad Eléctrica [7] [8]

Un equipo médico es aquel aparato electrónico utilizado para tratamiento, diagnóstico o monitoreo del paciente mediante una parte aplicable (que entra en contacto con el paciente), por lo que transfiere o detecta energía hacia o desde el paciente. Los equipos deben de tener una cubierta protectora adecuada para evitar cualquier contacto accidental con las partes conductoras. Los equipos que puedan entrar en contacto con el paciente, ya sea mediante una parte aplicable o por contacto externo, no deben de tener una diferencia de potencial mayor a 40 mV. Todas las partes conductoras deberán estar puestas a tierra. Las partes aplicadas al paciente deben de estar aisladas de las sometidas a tensión, se debe evitar que se cierre cualquier lazo de corriente en el paciente.

Para cumplir con el último criterio se utilizan amplificadores de aislamiento. Estos presentan una alta impedancia de la barrera de aislamiento (> 10 MΩ), alto voltaje de aislamiento (> 1000 V) y alto rechazo en modo común (CMRR).

2.2 Electroencefalografía [9] [10] [11]

2.2.1 Anatomía del cerebro

La corteza cerebral es una capa de 3 mm de espesor que se encarga de la interpretación de la información sensorial, la conciencia, la memoria, el aprendizaje y los movimientos planificados. Se divide en lóbulos delimitados por surcos (Figura 4).

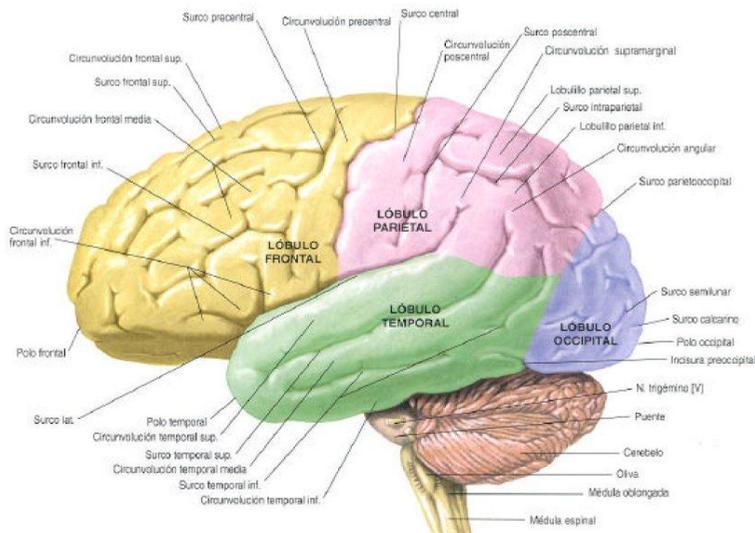


Figura 4. Sistema nervioso central con división de la corteza cerebral.

Los lóbulos cumplen con distintas funciones. El prefrontal se relaciona con la personalidad y el pensamiento, el frontal está asociado al movimiento complejo, en el parietal se hace la interpretación general de los sentidos, en el temporal se hace la asociación de la audición y en el occipital la asociación visual.



2.2.2 Señales del cerebro

El cerebro produce distintos tipos de señales rítmicas que se dividen según su ancho de banda. Pueden ser de tipo alfa, beta, gamma, delta, theta y mu (Figura 5). Cada tipo de onda está asociada a cierto tipo de actividad, y también a ciertos tipos de patologías (ver tabla II).

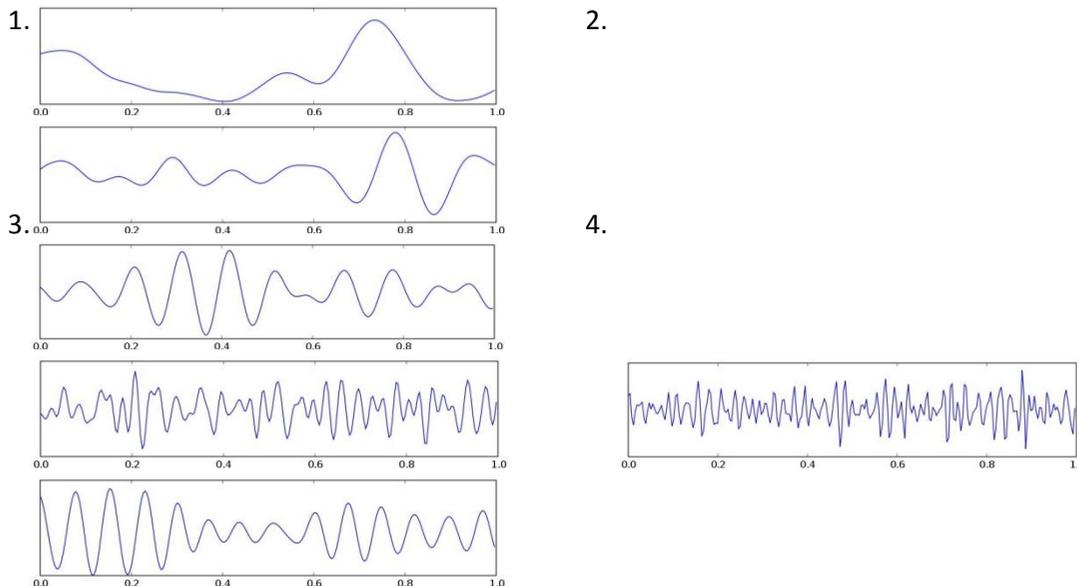


Figura 5. Ondas Delta (1), Theta (2), Alfa (3), Beta (4), Gamma (5) y Mu (6).

Tabla I

Onda	Frecuencia (Hz)	Amplitud (uV)	Localización	Asociación	Patologías
Delta	0.5 - 4	100	Frontal	Sueño	Lesiones difusas
Theta	4 - 8	>20	Parietal - Temporal	Meditación	Lesiones focales
Alfa	8 - 12	20 - 200	Occipital	Ojos cerrados	Coma
Beta	12 - 30	5 - 30	Parietal - Frontal	Alerta	
Gamma	30 - 100+		Corteza Somatosensorial		Deterioro Cognitivo
Mu	8 - 13		Corteza Sensoriomorora		Autismo

Tabla II. Tipos de ondas cerebrales.



2.2.3 Configuración de los electrodos

La lectura de la actividad eléctrica de la corteza cerebral se realiza por medio de electrodos. Estos deben de ser colocados en el cuero cabelludo siguiendo la configuración estándar del sistema internacional 10-20 (Figura 6).

El sistema 10-20 asegura que los electrodos estén en regiones similares sin importar el tamaño del cráneo. Se inicia midiendo la distancia longitudinal entre el nasión y inién. El nasión se identifica como el área deprimida entre los ojos, justo sobre el tabique nasal. El inién es la proyección más prominente del hueso occipital en la parte posterior inferior del cráneo. Se localiza el polo frontal (Fp) y el occipital (O) a 10% de la distancia total entre nasión y el inién respectivamente. De ahí se colocan los electrodos Fz, Cz y Pz a distancias de 20%. De la misma forma se mide la distancia entre las aurículas pasando por Cz, y se colocan electrodos T3, C3, C4 y T4 a distancias de 10% y 20%. Se hace lo mismo midiendo la distancia entre Fp y O pasando por T3 o T4 (lados izquierdo y derecho), y se colocan Fp1, F7, T5 y O1. (lado izquierdo) y Fp2, F8, T6 y O2 (lado derecho). Finalmente se colocan los electrodos F3 y F4 a la mitad de la distancia de Fz entre F7 y F8 respectivamente, y de igual manera se colocan P3 y P4 entre Pz, T5 y T6.

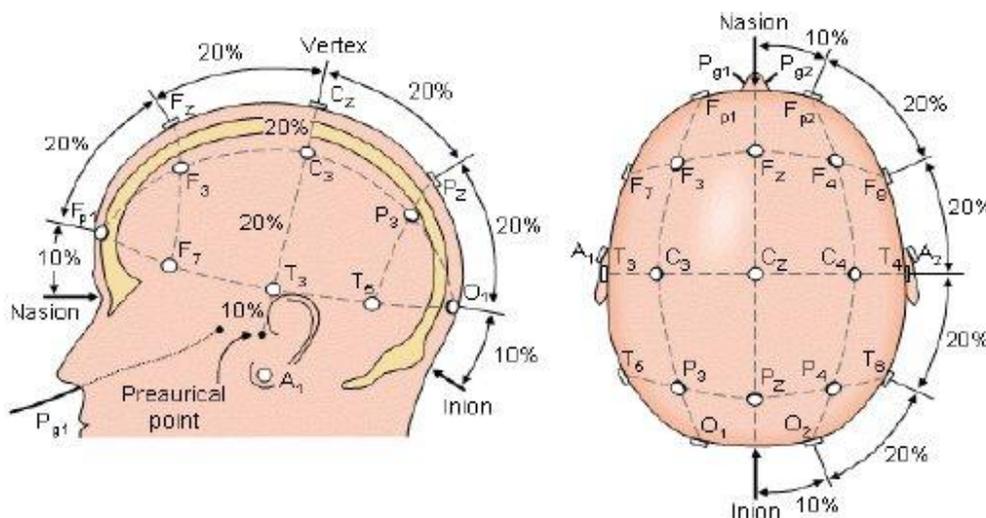


Figura 6. Sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos.

La nomenclatura de los electrodos está dada según el área anatómica en la que se encuentren: Occipital (O), Parietal (P), Central (C), Frontal (F), Frontal polar (Fp), Temporal (T) y Auricular (A). Los electrodos izquierdos se numeran impar, los derechos par y los del centro con z (zero). Se debe de colocar un electrodo de tierra en la región central de la frente. Los electrodos de referencia se colocaran en los lóbulos de las orejas o en el mentón.

El registro de la actividad eléctrica puede ser monopolar (referencial) o bipolar. En el registro monopolar se mide la diferencia de potencial entre un electrodo activo y el electrodo de referencia. El referencial de Wilson es una variante en donde la referencia esta dada por el voltaje medio de todos los electrodos. Para evitar cortocircuito se utilizan resistencias.



El registro bipolar mide la diferencia de potencial entre dos electrodos. Debido al número de electrodos, la cantidad de combinaciones de pares de electrodos es muy grande, y no todas las combinaciones proporcionan información relevante. Debido a lo anterior, la federación internacional de electroencefalografía proporciona combinaciones de electrodos (montajes) que deben de realizarse durante un estudio de EEG (Tabla III). Estos montajes reciben el nombre de longitudinal y transversal (Figura 7), dependiendo de la orientación de los pares de electrodos.

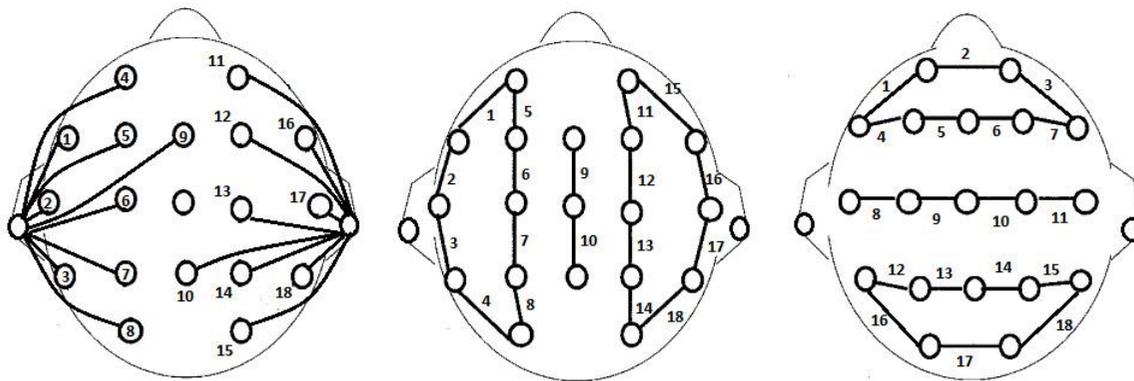


Figura 7. Montajes Referencial, Longitudinal y Transversal.

Tabla II

Canales	R	LB	TB
1	F7-A1	FP1-F7	F7-FP1
2	T7-A1	F7-T7	FP1-FP2
3	P7-A1	T7-P7	FP2-F8
4	FP1-A1	P7-O1	F7-F3
5	F3-A1	FP1-F3	F3-FZ
6	C3-A1	F3-C3	FZ-F4
7	P3-A1	C3-P3	F4-F8
8	O1-A1	P3-O1	TZ-C3
9	FZ-A1	FZ-CZ	C3-CZ
10	PZ-A2	CZ-PZ	CZ-C4
11	FP2-A2	FP2-F4	C4-T8
12	F4-A2	F4-C4	P7-P3
13	C4-A2	C4-P4	P3-PZ
14	P4-A2	P4-O2	PZ-P4
15	O2-A2	FP2-F8	P4-P8
16	F8-A2	F8-T8	P7-O1
17	T8-A2	T8-P8	O1-O2
18	P8-A2	P8-O2	O2-P8

Tabla II. Montajes de 18 canales recomendados por la federación internacional de EEG. Referencial (R), Longitudinal (LB) y Transversal (TB).



2.2.4 Requerimientos mínimos

Los requerimientos mínimos para EEG se crearon para estandarizar, sin embargo trabajar al mínimo no garantiza un estudio satisfactorio, por lo que deben procurarse valores superiores.

2.2.4.1 Electroodos

Los electrodos deben de estar libres de ruido y no atenuar las señales entre 0.5 y 70 Hz, se recomiendan electrodos de plata, cloruro de plata o con disco de oro. Para mejores resultados los electrodos se deben de mantener limpios. Se debe usar siempre el sistema 10-20 y los montajes recomendados por la IFCN. La impedancia inter-electrodos no debe ser mayor 5 k Ω . Siempre se debe usar el electrodo de tierra. Todo el equipo debe de estar a la misma tierra.

2.2.4.2 Registro

Se deben de grabar 16 canales mínimo, se recomiendan 24 (preferentemente 32). La interferencia entre canales debe de ser menor al 1% (-40 dB). Ruido menor a 2 μ V pico a pico (1 μ V rms) a cualquier frecuencia. Impedancia de entrada de al menos 10 M Ω (se espera que la impedancia del preamplificador sea mayor a 100 M Ω). Rechazo en modo común (CMRR) mayor a 110 dB y rango dinámico de al menos 40 dB.

2.2.4.3 Filtrado

El filtro de baja frecuencia no debe de ser mayor a 1 Hz y el de alta frecuencia no ser menor a 70 Hz, con atenuación de 12 dB/Octava. Otras frecuencias de filtrado deben de estar disponibles (0.16, 0.5, 1.6, 5, 10, 15, 30, 50, 100). Se debe incluir un filtro de ranura de 60 Hz. Se debe de usar una frecuencia de muestreo 3 veces mayor al filtro de alta frecuencia y utilizar múltiplos de 50 y 64 (mínimo 200 muestras/s).

2.2.4.4 Registro Digital

La sensibilidad del equipo debe de ser de 7 μ V/mm. La digitalización debe de tener una resolución vertical mínima 12 bits. El registro en papel estándar utiliza una escala horizontal de 3 cm/s y una vertical de 100 μ V/cm. El registro digital debe tener una resolución horizontal mínima de 100 puntos/s (mostrar 10 segundo por página), y una vertical con 4 pixeles por mm (mínimo). Otras escalas deben de estar disponibles escalando el estándar por un factor de 2. La escala utilizada debe de estar indicada para que sea fácilmente identificable.

3 HIPÓTESIS

Un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria y detección de movimiento sería auxiliar en el diagnóstico de la epilepsia (y otros padecimientos cerebrales) al proveer información sobre la actividad cerebral en el momento indicado, sorteando las limitaciones de mantener al paciente en observación, el molesto uso de cables y la autonomía del sistema.

4 OBJETIVO (S)

Desarrollar un electroencefalógrafo ambulatorio inalámbrico con memoria que sea autónomo y que cumpla con los requerimientos de diseño y seguridad para EEG, procurando en la medida de lo posible que las dimensiones sean mínimas.



5 METODOLOGÍA

5.1 Diseño

Se analizó el diseño de un electroencefalógrafo (Figura 8), así como otros diseños realizados en trabajos previos.

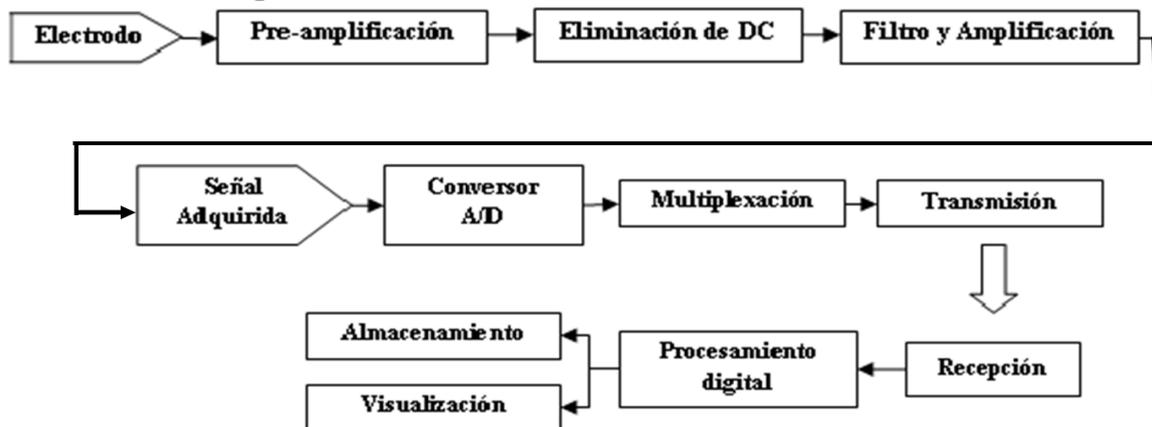


Figura 8. Diagrama a bloques de un electroencefalógrafo.

Partiendo de estos diseños se propone uno nuevo haciendo uso del ADS1298 [12] de Texas Instruments (Figura 9), el cual es un front-end analógico de 24 bits para mediciones de biopotencial que cuenta con 8 canales y es de bajo consumo (0.75 mW/canal).



Figura 9. ADS1298 de montaje superficial.

El ADS1298 realiza la amplificación y la conversión de los datos, pero no cumple con la especificación del ruido máximo permitido, siendo necesario agregar un amplificador de instrumentación a la entrada.

Un amplificador de instrumentación es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y alto rechazo en modo común (CMRR).

Se utilizará el amplificador de instrumentación propuesto en una discusión entre Analog Devices y CareFusion [13], en donde se llega a un diseño de un amplificador de instrumentación del estado del arte con poco costo espacial. El diseño se presenta a continuación (Figura 10).

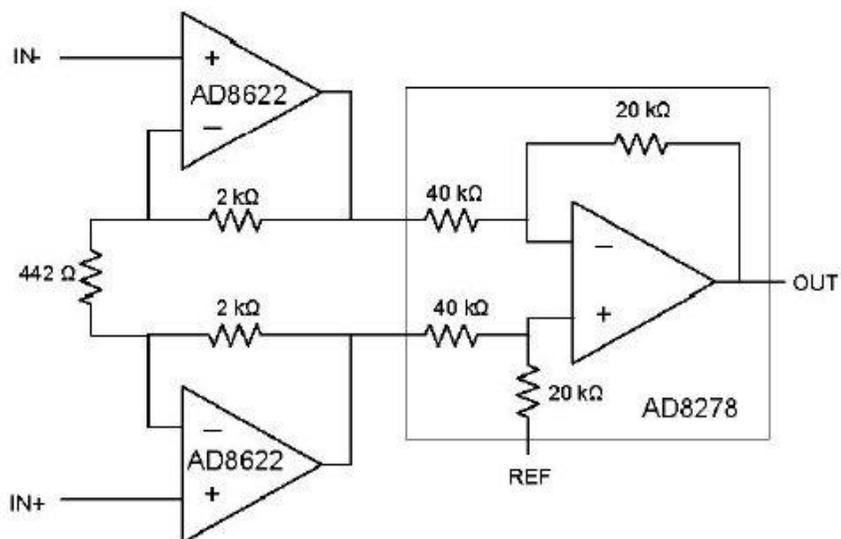


Figura 10. Amplificador de instrumentación propuesto por CareFusion.

Siguiendo el diagrama de bloques de la Figura 8, cada electrodo se conectará a un fijador de voltaje capacitivo y resistivo, para que luego la señal pase por el amplificador de instrumentación que actuará como filtro de ruido.

Se utilizarán 2 ADS1298 y un ADS1294 para la amplificación y conversión de 20 canales (18 electrodos de referencia y los dos auriculares). Los ADS serán controlados por un PIC16F1825 que leerá los datos digitalizados y los transmitirá inalámbricamente con un módulo de radiofrecuencia RFM70 [14]. La comunicación entre el microcontrolador y los otros componentes será por SPI (Serial Peripheral Interface). Los datos serán recibidos por otro módulo RFM70 (Figura 11) controlado por un PIC18LF2550, el cual está diseñado para comunicación USB. Los datos serán almacenados en una tarjeta micro SD para su posterior lectura, ya sea extrayendo la tarjeta, o por conexión USB.

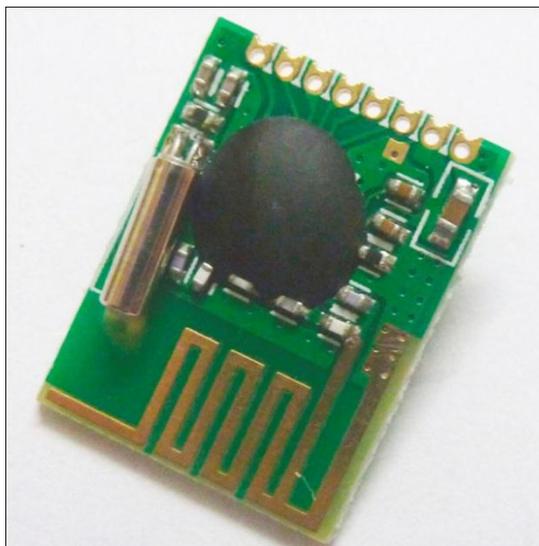


Figura 11. Módulo de radio frecuencia RFM70.



6 AVANCES

Después de la revisión bibliográfica se inició el diseño de un prototipo haciendo uso de ORCAD, para más tarde crear los footprints de las tarjetas utilizando PROTEL. Se completó la impresión, el soldado de componentes, así como las pruebas de continuidad. El proyecto se encuentra actualmente en la fase programación de los microcontroladores con MPLAB.

Una vez terminada la programación se harán las pruebas finales y se pretende también realizar un programa en LabVIEW para poder visualizar las señales.

Se está trabajando de manera conjunta con el laboratorio de micromecánica de la UNAM para la elaboración de un prototipo de casco de electrodos.

6.1 Autonomía

Una vez terminado el primer diseño esquemático, se realizó un cálculo inicial del consumo de energía en conjunto de todos los componentes utilizados. El resultado arrojó una autonomía de unas cuantas horas, lo que llevó al problema de decidir entre una fuente de energía mayor (lo que perjudica la portabilidad) o encender el sistema solo por cierto intervalo de tiempo y luego apagarlo (con lo que se corre el riesgo de perder información valiosa). Para resolver este problema se actualizó el diseño incluyendo un acelerómetro MMA7660FC [15], el cual proporciona información sobre movimientos en tres ejes con poco consumo de energía. Este acelerómetro será controlado por otro PIC16F1825, cuya única tarea será leer los datos de posición y determinar en el tiempo si estos corresponden o no a los movimientos característicos de una crisis epiléptica. Todo el sistema de electroencefalografía se encontrará en modo de bajo consumo y se activará únicamente si se detectan los movimientos indicados.

Utilizando dos baterías CR2032 la autonomía del sistema en reposo es de aproximadamente 7 días, y le toma 9 milisegundos en activarse. Dado que una crisis epiléptica dura varios segundos, e incluso minutos, se puede considerar que no hay gran pérdida de información.

6.2 Dimensiones

Para que el sistema sea ambulatorio, se procuró que las dimensiones sean las menores posibles. Dado el número de componentes utilizados, una sola tarjeta quedaría en dimensiones incómodas para que el paciente lo lleve. Debido a lo anterior, se dividió la tarjeta original en tres subtarjetas, en las que se conectan individualmente los electrodos izquierdos, derechos y centrales. Las tarjetas se conectan entre si mediante cable plano, quedando en forma de diadema.

En la tabla IV se muestran las dimensiones individuales de cada tarjeta. Las medidas fueron tomadas del diseño en PROTEL, teniendo en cuenta que las medidas reales pueden variar.

Tabla III

Tarjeta	Largo	Ancho	Alto
Izquierda	41.656	51.816	7.5
Central	46.736	41.402	8.5
Derecha	41.402	54.646	8.5
Memoria	67.488	54.102	15

Tabla III. Dimensiones en milímetros de las tarjetas

7 APLICACIONES

El proyecto está orientado al monitoreo continuo de pacientes con epilepsia, aunque también puede ser aplicable como herramienta auxiliar en el diagnóstico de otras enfermedades cerebrales que requieran de electroencefalografía.

Debido a la inclusión del acelerómetro, se tiene también acceso a información sobre los movimientos del usuario, específicamente de la cabeza. Esto, junto con un software de reconocimiento de patrones, puede ser aplicable a la industria del entretenimiento. Algunos ejemplos de lo anterior se pueden encontrar en las páginas web www.plxwave.com y emotiv.com que comercializan dispositivos que se conectan a smartphones para medir la concentración o elegir música según el estado de ánimo (Figura 12).



Figura 12. Ejemplos de productos de Plxwave y Emotiv,



BIBLIOGRAFÍA

1. L. Badillo, *Diseño e Implementación de un Sistema Multicanal Portátil para el Registro y Procesamiento de Señales Biológicas*, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Culhuacan, IPN, (México), (2004).
2. J. Delgado, J. Escorcía y J. Manco, *Diseño y Construcción de un Electroencefalógrafo de 32 Canales*, Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. (Honduras, Tegucigalpa), (2008).
3. Z. Huertas, E. Mardonas y P. Niño, *Diseño e implementación de un prototipo de sistema de EEG portátil PEP8*. Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, (Habana), (2001).
4. M. Horikawa y H. Harada, *Development of a portable multipurpose recorder using a 24-hour ambulatory recorder: application to polysomnography*, Med. Biol. Eng. Comput. 35, 757-759, (1997).
5. P. Tiihonen, E. Mervaala y T. Hukkanen, *Design, construction and evaluation of an ambulatory device for screening of sleep apnea*, Med. Biol. Eng. Comput. 47, 59-66, (2009).
6. <http://www.grasstechnologies.com/products/clinsystems/trea1.html>
7. IEC 60601, "Medical equipment | medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance", (1977).
8. R. Barea, *Instrumentación Biomédica*, "Tema 2: Seguridad Eléctrica", Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica, Ingeniería en Electrónica.
9. R. Barea, *Instrumentación Biomédica*, "Tema 5: Electroencefalografía", Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica, Ingeniería en Electrónica.
10. American Clinical Neurophysiology Society, Guidelines 1, 5, 6, 8 & 12. (2006).
11. International Federation of Clinical Neurophysiology, *Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the IFCN*, EEG Suppl. 52, Chapters 1.1, 1.2, 1.3 & 1.5. (1999).
12. Texas Instruments, *ADS1298 Low-Power, 8 Channel, 24-Bit Analog Front-End for Biopotential Measurements*. (2010).
13. Analog Devices, *Discussion Between CareFusion and Analog Devices: Optimizing Performance and Lowering Power in an EEG Amplifier*, (2011)
14. Hope Microelectronics, *RFM70 Low-Power, High Performance, 2.4 GHz GFSK Transceiver Module*. (2006).
15. Freescale Semiconductor, *MMA7660FC 3-Axis Orientation/Motion Detection Sensor* (2012).



ESTACIÓN BASE DE UN SISTEMA TELEMÉTRICO MULTICANAL PARA LA MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD CEREBRAL EN RATAS, CON REUBICACIÓN REMOTA DEL CONJUNTO DE MICROELECTRODOS.

I.C. Diego Efraín Salazar Loría, Dr. Francisco José Heredia López
Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán
Centro de Investigaciones Regionales "Dr. Hideyo Noguchi"
diego.salazar.ic@gmail.com, hlopez@uady.mx

RESUMEN

El presente trabajo presenta el diseño e implementación de una tarjeta electrónica (estación base) que será conectada a una computadora y desde la cual se podrá establecer una conexión inalámbrica, por medio de un sistema telemétrico basado en radio frecuencia (RF), con otra tarjeta electrónica (tarjeta de medición) colocada en una rata desde donde se estará realizando el registro de la actividad neuronal del animal. La tarjeta que se presenta en este documento podrá recibir la información registrada desde la tarjeta de medición, y enviar comandos hacia la tarjeta de medición para modificar los valores de las ganancias de los preamplificadores de los microelectrodos o realizar una reubicación remota del conjunto de microelectrodos. Esto permitirá monitorear la reacción en la actividad cerebral del animal ante el suministro de nuevos fármacos que se encuentren en desarrollo, con el fin de mejorar y agilizar la creación de nuevos tratamientos de enfermedades neurodegenerativas.

ABSTRACT

This work contains the design and development of an electronic card (base station) that will be connected to a personal computer. This card will establish a wireless connection, with a telemetric system based on radio frequency (RF), with another electronic card (measurement card) placed in a rat where the measurement card will be recording the neural activity. The card presented in this document will can receive the recorded information from the measurement card, and send commands to the measurement card to modify the values of the pre-amplifier's gains or realize a remote relocation of the group of microelectrodes. This allows monitor the reaction of the cerebral activity of the rat when a new drug in development is tested in her, with the objective of improve and speed up the creation of new drugs to the treatment neurodegenerative diseases.

1. ANTECEDENTES

El registro neuronal es importante en el proceso de creación y desarrollo de nuevos fármacos, los cuales posteriormente son empleados para el tratamiento de diversas patologías como enfermedades neurodegenerativas o trastornos en el sistema nervioso. El realizar el registro de la actividad cerebral cuando se le suministra un fármaco al sujeto de prueba, permite al investigador poder contrastar la información obtenida con las mediciones realizadas antes del suministro del fármaco. De esta manera, se podrá determinar si los efectos provocados por el medicamento son los esperados o para los que fue diseñado.

Algunos fármacos destinados a tratar enfermedades neurodegenerativas, como el Parkinson, generalmente se prueban en ratas antes de ser aprobados para su uso médico en personas. El uso de ratas está sustentado debido a que su fisiología, en algunos núcleos profundos de su cerebro, es similar a la de los humanos, por lo que las reacciones que se pueden observar en el animal serán muy parecidas a las que se observarán en los seres humanos [3]. Estas pruebas son realizadas primero en estos animales para asegurarse de que cumplen la función para las que están siendo creados sin tener efectos secundarios que pudieran afectar a las personas [14].



Para el registro neuronal en animales en libre movimiento se pueden utilizar diversas técnicas. Una de ellas es el registro de mediciones realizadas a distancia, ya sea de forma inalámbrica o por medio de un sistema cableado. A la tecnología utilizada para realizar mediciones a distancia se le conoce como telemetría [2]. Esta tecnología permite colocar el sistema electrónico en el animal sin tener que utilizar cables para conectarlo a una computadora o módulo de adquisición de datos, permitiendo que el comportamiento del animal sea lo más natural posible, reduciendo el estrés que pudieran ocasionar las conexiones cableadas [6]. Los sistemas telemétricos típicamente se componen de dos partes: la estación de medición y la estación central o base. La estación de medición es la parte donde se registra información relevante al tipo de medición que se está realizando. Posteriormente, los datos recabados por la estación de medición son enviados a la estación central o base en donde se procesan, se presentan al usuario o se almacenan para su posterior análisis.

Para realizar el registro de las mediciones de origen fisiológico se utilizan principalmente dos tipos de métodos: los métodos no invasivos y los métodos invasivos. En los métodos no invasivos se utilizan elementos de forma externa sin tener que realizar implantes en el sujeto de pruebas, como lo es la colocación de sensores en la cabeza para medir la actividad cerebral. Con este tipo de métodos se genera estrés en el animal debido a la presencia del cableado, de los sensores o cualquier dispositivo electrónico o mecánico que se vea involucrado en las mediciones [6]. Además, al ser elementos externos, se podrían dañar debido a que el animal se encuentra en libre movimiento y podría golpearlo, moverlo, desconectarlo, etc. Por otra parte, también existe la posibilidad de utilizar métodos invasivos como lo es la implantación de sensores bajo la piel. La utilización de métodos invasivos permite el monitoreo de las señales deseadas por períodos largos de tiempo, de varias semanas o incluso meses. Además, las señales obtenidas son superiores a las que se puedan obtener por métodos no invasivos, ya que el sensor se encuentra mucho más cercano a la fuente de la señal y ya no se requiere realizar esta medición a través de la piel, tejido o huesos; con lo cual se obtiene una señal de una amplitud mayor que puede ser procesada con mayor facilidad y con dispositivos menos complejos.

En trabajos previos se han registrado distintos sistemas encargados de medir la actividad eléctrica en el cerebro. Aceros *et al.* (2011), dieron a conocer un neurosensor inalámbrico que contiene dos grupos de microelectrodos de 16 canales. Se utiliza un enlace infrarrojo para enviar, a través de la piel, las señales obtenidas por el neurosensor [1].

Heredia *et al.* (2009), presentaron un diseño preliminar de un sistema telemétrico para la medición de potenciales de acción extracelulares utilizando cuatro canales, de los cuales solamente se puede realizar la medición de uno en cada momento. Utilizaron transceptores de radiofrecuencia para la transmisión de la información de manera inalámbrica. Se presentan los resultados haciendo la comparación entre las mediciones con el sistema inalámbrico y el sistema cableado de adquisición de datos, el cual confirma que las señales obtenidas son prácticamente idénticas [5].

Chung-Chiun Liu *et al.* (2006), desarrollaron un sistema telemétrico inalámbrico multicanal de 4 canales y un canal de calibración, para monitorear EEG y EMG (electroencefalografía y electromiografía) en animales pequeños, específicamente este sistema fue utilizado para estudiar trastornos del sueño, utilizando ratones como animales modelo. Este diseño demuestra la viabilidad de la grabación de biopotenciales múltiples usando el sistema de telemetría en miniatura de animales pequeños en libre movimiento [7].

Roham *et al.* (2009), reportaron el diseño, implementación, caracterización de rendimiento y las pruebas *in vivo* de un circuito integrado configurable para monitorear actividad neuronal y química. El chip fue conectado a microelectrodos de fibra de carbón en ratas anestesiadas. Se demostró satisfactoriamente la grabación de la actividad cerebral multicanal (16 canales) [10].



Song *et al.* (2007), mostraron un prototipo de un microsistema neuronal que se implanta en el cerebro. El microsistema utiliza señales infrarrojas para la transmisión de los datos de las señales de la actividad cerebral, y utiliza inducción por radio frecuencia para energizar de manera eficiente la electrónica del microsistema implantado. Se realizaron las pruebas colocando el sistema en el cerebro de un primate y se utilizaron los 16 canales para registrar mediciones de la actividad cerebral [13].

Yang *et al.* (2008), presentan un microdrive basado en un piezo motor que es aplicado para la medición de señal neuronal en un ratón. El piezo motor tiene una capacidad de movimiento de 3.8 mm con una resolución de movimiento de 60 nm. Las medidas del microdrive desarrollado son 6.5 mm de largo por 6.5 mm de ancho y 12 mm de altura, para un peso total de 1.63 gr. Se evaluó el sistema aplicando entradas con 5 a 100 pulsos y se repitió varias veces para distintos voltajes de alimentación del piezo motor [16].

Zhang *et al.* (2011), diseñaron, construyeron y probaron en una rata, un sistema portable de electroencefalografía. El sistema fue diseñado con dispositivos de montaje superficial (SMD) con un tamaño de 20 mm x 25 mm x 3 mm y un peso total de 4 gr. Fue fabricado con componentes que son comercialmente disponibles. Para realizar las pruebas, se colocó en el cráneo de una rata un conjunto de electrodos y el transmisor fue atado a la espalda de la rata. Los resultados indican que el sistema puede registrar mediciones durante 8 horas y transmitir los datos a una distancia de 20 metros [17].

En estos trabajos previos se han registrado distintos sistemas encargados de medir la actividad eléctrica en el cerebro, sin embargo, en la mayoría de los trabajos la reubicación de los microelectrodos se debe realizar de forma manual, esto ocasiona que se introduzca en el animal alteraciones en su conducta, ya sea por la manipulación que se les hace o por la administración de anestésicos o sedantes para la cirugía. Además, al realizar una reubicación manual se necesitará de un período de recuperación del animal antes de poder realizar nuevas mediciones. Existe otro inconveniente que se presenta en la medición de la actividad neuronal en animales en libre movimiento, es un problema que se debe al estar moviéndose, o chocar contra algún objeto, se producen vibraciones en los microelectrodos que pueden ocasionar que la punta del electrodo se mueva y se pierda la señal que se estaba registrando. Esto implicaría, de nueva cuenta, el tener que realizar la reubicación de los microelectrodos, con toda la problemática que ello conlleva. Yang *et al.* (2008), presentaron un microdrive que tiene la capacidad de reubicar los microelectrodos. Sin embargo, el sistema que presentan realiza las mediciones mediante conexiones cableadas.



Figura 1: Microdrive, trabajo por Yang *et al.* (2008).

En el proyecto que se está llevando a cabo se decidió agregar un dispositivo (microdrive) con la capacidad de mover los microelectrodos de forma remota. Por una parte, esto evitará tener que realizar la reubicación del conjunto de microelectrodos de forma manual; y por otra, en caso de perder la señal que se estaba registrando, se puede realizar un movimiento en el microelectrodo de forma inalámbrica hasta poder obtener el registro nuevamente. En el presente proyecto se desarrolla la estación base del sistema telemétrico para la medición de la actividad cerebral (potenciales de acción) que se colocará en una rata y desde donde se podrá recibir la información



proveniente de las mediciones de la actividad cerebral del animal, y mediante el cual también se podrán enviar los comandos de movimiento del microdrive. Se utilizarán cuatro microelectrodos para medir la actividad cerebral en múltiples neuronas (transmisión simultánea de la información de los cuatro canales de medición), con lo cual se podrán obtener mejores resultados [8].

2. METODOLOGÍA

2.1. Microelectrodos y microdrive

El primer componente que se necesita para el sistema es el microdrive con los microelectrodos que se implantará en el cráneo de la rata. El microdrive que se utilizará será desarrollado por el Laboratorio de Mecatrónica del CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico) de la UNAM. Además, el microdrive también contendrá filtros pasivos y una etapa de pre-amplificación. Por otra parte, los microelectrodos serán desarrollados por el Cuerpo Académico de Aplicaciones Tecnológicas de los Semiconductores del Centro de Investigaciones en Dispositivos Semiconductores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Se requerirán dos pares de microelectrodos, para obtener un total de cuatro canales de medición.

2.2. Estación de medición

Se hará uso de una estación (tarjeta) de medición que está siendo diseñada y construida en el Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”. Esta tarjeta será colocada en la rata por medio de una mochila y contendrá toda la electrónica necesaria para digitalizar la información proveniente de los microelectrodos y transmitirla de manera inalámbrica a la estación base. Esta tarjeta contendrá una etapa de filtrado y amplificación para adecuar las señales obtenidas, que se encuentran en el orden de 100 μ V de amplitud [5] y 0.5 Hz a 200 Hz de frecuencia [2], cuyas ganancias podrán ser modificadas utilizando la aplicación de la PC.

2.3. Estación base

Como ya se mencionó anteriormente, el objetivo del presente proyecto es el diseño, la construcción y prueba de una estación base que servirá como interfaz entre una PC y la tarjeta electrónica de la mochila. La estación base se encargará de recibir la información obtenida de las mediciones de la actividad cerebral de la rata y transmitirla a la PC. La recepción de la información se realizará de manera inalámbrica por medio de transeptores de radiofrecuencia. Este módulo contará con un microcontrolador con el que se establecerá una comunicación bidireccional entre la PC y el módulo base utilizando el protocolo de comunicación USB (Universal Serial Bus) en su revisión 2.0. Adicionalmente, esta sección debe poder enviar las instrucciones de movimiento del microdrive, así como las configuraciones de ganancias y velocidad de muestreo que se requiere en la sección de la mochila.

Actualmente se cuenta con un primer prototipo que tiene la capacidad de procesar y recibir datos de hasta cuatro canales de medición (cuatro microelectrodos). En este punto es importante revisar con mayor detenimiento algunos de los componentes de la tarjeta electrónica en la estación de la mochila.

2.3.1. Tasa de transferencia de información

El componente más importante a tomar en cuenta es el convertidor analógico-digital el cual es el ADS1194 de Texas Instruments Incorporated, que tiene cuatro canales y las conversiones son a un máximo de 8,000 muestras por segundo con una resolución de 16 bits. El paquete de datos transmitidos se compone de dos bytes de encabezado al inicio del paquete y posteriormente los datos de los cuatro canales. Los datos de cada canal ocuparán 16 bits de información por lo que al ser cuatro se tiene un total de 64 bits de datos de los canales, además, se debe agregar los 16 bits de los dos bytes de encabezado del paquete por lo que al final cada conjunto de mediciones es de 80 bits. Esto significa que cada vez que el convertidor analógico-digital realice una conversión se necesitará transmitir 80 bits de información. Tomando en cuenta que la velocidad de muestreo del



convertidor es de 8,000 muestras por segundo, se puede calcular cada cuanto tiempo se deberán enviar estos 80 bits:

$$T_s = \frac{1}{8000} = 125 \mu s$$

Es decir, cada 125 microsegundos se necesita enviar 80 bits de información desde la estación de medición hacia la estación base. Para obtener la tasa de bits mínima necesaria para cumplir con este requerimiento se necesita calcular cuántos bits de información se deben enviar por segundo, esto se puede realizar con los datos anteriores. Si el convertidor analógico-digital tiene una tasa de muestreo de 8,000 muestras por segundo y cada vez que se obtiene un conjunto de muestras se necesitan enviar 80 bits de información, entonces cada segundo se necesitarán enviar 640,000 bits, o 640 kbps.

2.3.2. Transceptores

Basándose en los cálculos anteriores, se eligió para la transferencia de datos, desde la estación de medición hacia la estación base, al transceptor DR3300 de RF Monolithics, Inc. el cual tiene una tasa de transferencia de 1 Mbps. Que en este caso es suficiente para proveer de una tasa de transferencia suficiente para los datos que se están manejando.

Para el envío de comandos, desde la estación base hacia la estación de medición, se está utilizando otro transceptor, el DR3100 del mismo fabricante. A diferencia del DR3300, el DR3100 tiene una tasa de transferencia de hasta 19.2 kbps, sin embargo, esta velocidad de transferencia de datos es suficiente ya que los comandos serán enviados solamente cuando el experimentador detecte algún error o pérdida de la señal que se está registrando, y la cantidad de información necesaria solamente será de algunos bits.

2.3.3. Microcontrolador

El manejo de la comunicación y el procesamiento de la información enviada o recibida, se realiza mediante el microcontrolador PIC18F2550 del fabricante Microchip Technology Inc. El microcontrolador tendrá la función de configurar a ambos transceptores (DR3300 y DR3100) para realizar la comunicación bidireccional con otra parte del sistema final (la estación de la mochila) que estará en la rata. Como ya se mencionó anteriormente, esta comunicación bidireccional tendrá como objetivos: primero, obtener las mediciones de la actividad neuronal y, segundo, enviar los datos de control del microdrive. Pero el microcontrolador también tendrá la función de realizar la comunicación con la PC por medio de una interfaz USB (Universal Serial Bus).

2.3.4. Bus USB y la fuente de alimentación

En este punto, es importante mencionar que toda la fuente de energía de la tarjeta provendrá del bus USB. El bus USB tiene la capacidad de proporcionar corrientes de hasta 500 mA en cada uno de sus puertos con un voltaje de 5 V. Esta corriente es suficiente para hacer funcionar a todos los componentes de la estación base por lo que se decidió que fuera la única fuente de alimentación de la misma.

Además de los componentes mencionados más arriba, se requirió un par de componentes extras debido a la diferencia de voltajes de operación de los transceptores y del microcontrolador. Ambos transceptores operan a un voltaje de 3.3 V, mientras que el voltaje de alimentación del microcontrolador es de 5 V. Es por ello que fue necesario utilizar un regulador de voltaje que convirtiera el voltaje de 5 V proporcionado por el bus USB a un voltaje de 3.3 V que fuera capaz de hacer funcionar a ambos transceptores. El componente utilizado para cumplir con este fin es el MCP1703 de Microchip Technology Inc. Del mismo modo, se requirió un adaptador de nivel para que el nivel de voltaje de los datos recibidos pueda ser procesado por el microcontrolador. Esto se logra mediante un comparador de voltaje, en el cual se utilizó el comparador LM311 de Texas Instruments Incorporated.



En la figura 2 se puede observar el diagrama de bloques que incluye todos los elementos mencionados, y que componen la estación base.

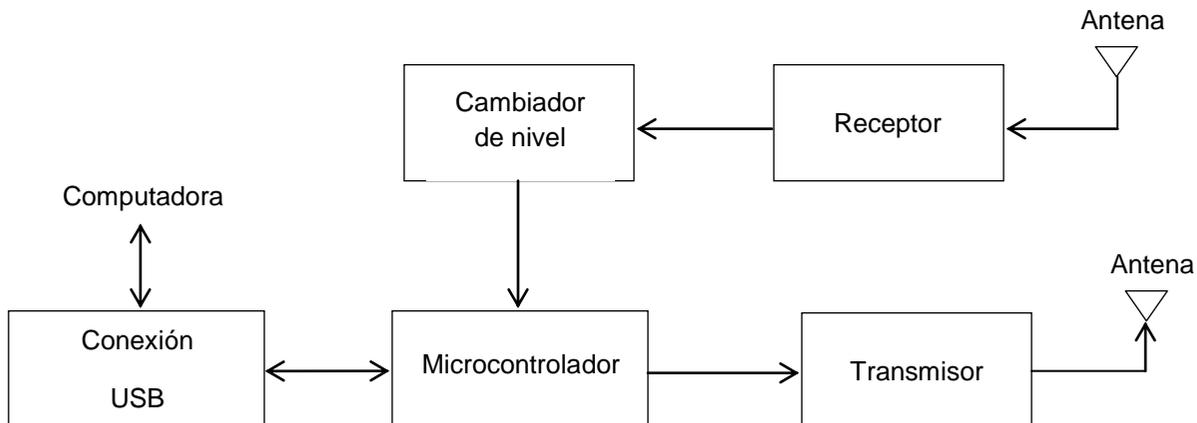


Figura 2: Diagrama a bloques de la estación base.

Se realizó la tarjeta electrónica utilizando un procedimiento fotográfico. En las figuras 3 y 4 se puede observar la tarjeta electrónica construida ya con los componentes soldados.

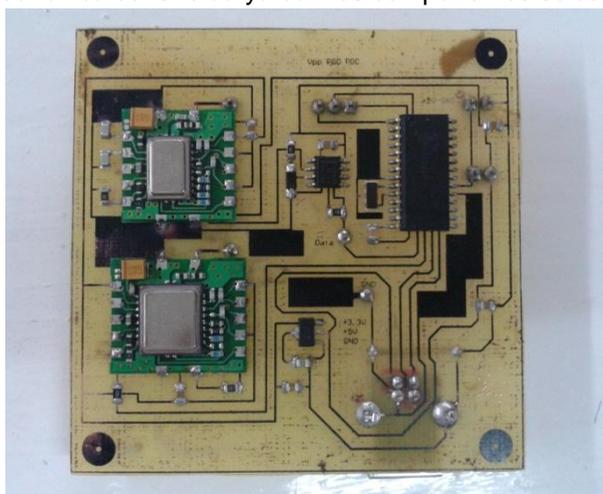


Figura 3: Tarjeta de la estación base, parte inferior.

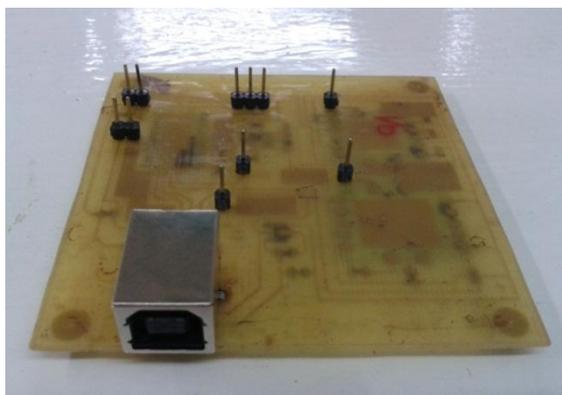


Figura 4: Tarjeta de la estación base, b) parte superior.



El firmware de los microcontroladores es desarrollado en lenguaje ensamblador para asegurar que la velocidad de procesamiento de los datos sea óptima. Por parte de las aplicaciones de la PC, se utilizará LabVIEW para implementarlas. LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante programación visual. LabVIEW ofrece una integración con una gran cantidad de dispositivos de hardware para su fácil manejo. Desde las aplicaciones desarrolladas en LabVIEW se podrá visualizar la información que se está obteniendo de manera inalámbrica desde los microelectrodos, al igual que cambiar las ganancias y velocidad de muestreo que se había mencionado anteriormente o enviar las instrucciones para reubicar los microelectrodos.

3. PRUEBAS

Para realizar una evaluación del funcionamiento eléctrico de la tarjeta construida se utilizará una tarjeta de pruebas de la mochila. Esta tarjeta de pruebas tiene la única función de simular la transmisión y recepción de información con la tarjeta de la estación base, respetando los tiempos y características de los paquetes que se mencionaron anteriormente. Esto ayudará a verificar el correcto enlace de la transmisión inalámbrica, la interfaz USB 2.0, el firmware del microcontrolador y poder corroborar que no existe pérdida de información durante la transmisión.

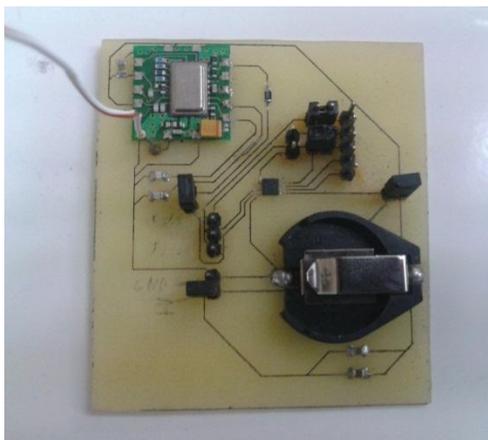


Figura 5: Tarjeta de pruebas (simulador de la mochila)

Cuando ya se tenga el microdrive se procederá a comprobar bajo el microscopio de disección el correcto funcionamiento del sistema de desplazamiento de los microelectrodos con los comandos enviados desde la aplicación de la PC, midiendo con una escala óptica la cantidad de micras que avanza y poder así calibrar correctamente la profundidad de monitoreo durante los experimentos.

El sistema completo de telemetría será evaluado realizando el registro de los potenciales de acción en la sustancia *nigra* (SNr) de las ratas a emplear. La SNr es una estructura del cerebro localizada en el mesencéfalo (parte media del cerebro), esta estructura está involucrada en la regulación y coordinación de los movimientos voluntarios. La degeneración de las neuronas de esta estructura es la principal causa de la enfermedad de Parkinson.

En todos los experimentos se utilizarán ratas machos adultos de la variedad Wistar con un peso que va de los 200 gr a los 300 gr, y que son criadas en el Centro de Investigaciones Regionales (CIR) "Dr. Hideyo Noguchi". En la fase quirúrgica, se implantará en el cráneo de la rata el microdrive con los microelectrodos. Posteriormente a la cirugía, se mantendrán a las ratas en cajas de acrílico individuales con agua y comida suficiente para su recuperación. Se esperará por lo menos siete días de recuperación antes de comenzar a realizar pruebas con el sistema implantado [3], [11]. Una vez transcurridos los siete días, se procederá a evaluar el sistema



obteniendo registros de la actividad eléctrica de las neuronas de la SNr. En apego a las recomendaciones de la Guía para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio (National Research Council, 1996), se hará todo lo posible para evitar cualquier sufrimiento innecesario a los animales.

El día del experimento, los microelectrodos serán desplazados con el dispositivo de avance controlado teleméricamente, hasta detectar potenciales de acción extracelulares. La señal eléctrica será amplificada, filtrada y almacenada en una PC. Inicialmente se tomará un registro de la actividad de las neuronas durante 1 minuto con el animal en la jaula hogar.

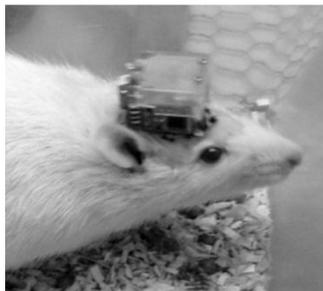


Figura 6: Implante de microelectrodos y microdrive en una rata

Posteriormente los animales serán inyectados con el fármaco SKF-38393 por vía subcutánea, teniendo el cuidado de manipular suavemente al animal para evitar que se pierda la señal extracelular. El fármaco SKF-38393 es un fármaco que estimula la actividad locomotora de las ratas, lo cual aumenta la frecuencia de disparo de los potenciales de acción en la SNr. Luego de inyectarles el fármaco, se procederá al registro de la actividad eléctrica para posteriormente calcular la frecuencia instantánea de disparo de las neuronas de la SNr (Hz).

4. CONCLUSIONES

Con el sistema que se está proponiendo en el presente proyecto, se podrá realizar el monitoreo de la actividad neuronal en ratas al suministrarle un fármaco. El conjunto de microelectrodos (cuatro) permitirá poder monitorear al mismo tiempo distintas zonas de actividad cerebral con la posibilidad de reubicarlos de manera remota en caso de que se detecte una pérdida en la señal que se está midiendo. Esto permitirá al experimentador poder contrastar los efectos provocados por el fármaco en el animal con los efectos para el cual fue diseñado.

La utilización del lenguaje ensamblador para el firmware del microcontrolador hace que el funcionamiento del sistema sea lo más eficiente posible, al poder manipular directamente todos los elementos de hardware y conocer el tiempo exacto en que lleva ejecutar cada instrucción. Para la finalidad del proyecto, esto es importante ya que de esta manera se puede evitar la pérdida de información debido a una poca optimización en el firmware del microcontrolador.

Una vez finalizada las pruebas y se haya verificado el correcto funcionamiento del sistema, se procederá a comenzar a utilizarlo en el Centro de Investigaciones Regionales "Dr. Hideyo Noguchi" para ayudar y mejorar el proceso de desarrollo de nuevos fármacos para el tratamiento de diversas enfermedades relacionadas con el sistema nervioso central.



5. TRABAJO A FUTURO

Cuando el sistema que se presenta en este documento sea finalizado, tanto la parte de diseño y construcción como las pruebas, se procederá a realizar una versión mejorada del sistema. En esta nueva versión se pretende utilizar un mayor número de microelectrodos (seis) para mejorar y ampliar la información registrada de la actividad neuronal. En este nuevo diseño se requerirá el uso de un nuevo transceptor con una mayor tasa de transferencia de información, de al menos 2 Mbits/s.

6. REFERENCIAS

1. J. Aceros, M. Ying, D. A. Borton, W. R. Patterson, A. V. Nurmikko, A 32-channel fully implantable wireless neurosensory for simultaneous recording from two cortical regions, 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011.
2. G. Fontani, Telemetry of Several Biological Signals from Behaving Animals, Pfligers Arch European Journal of Physiology (1981), 391:343-344.
3. A. N. Greene, S. L. Clapp, R. H. Alper, Timecourse of recovery after surgical intraperitoneal implantation of radiotelemetry transmitters in rats, Journal of Pharmacological and Toxicological Methods 56 (2007), 218 – 222.
4. R. R. Harrison, The Design of Integrated Circuits to Observe Brain Activity, Proceedings of the IEEE, Vol. 96, No. 7, July 2008.
5. F. J. Heredia, J. L. Bata, J. L. Góngora, F. J. Alvarez, J. Azpiroz, A digital programmable telemetric system for recording extracellular action potentials, Behavior Research Methods, 2009, 41 (2), 352-358.
6. K. Kramer, L. B. Kinter, Evaluation and applications of radiotelemetry in small laboratory animals, Physiol. Genomics 13:197-205, 2003.
7. C. Liu, E. O'Connor, K. P. Strohl, A Multichannel Wireless Telemetric Microsystem for Small Animal Studies, IEEE Sensors Journal, Vol. 6, No. 1, February 2006.
8. S. Martel, N. Hatsapoulos, I. Hunter, J. Donoghue, J. Burgert, J. Malasek, C. Wiseman, R. Dyer, Development of a wireless brain implant: the telemetric electrode array system (TEAS) project, 2001 Proceedings of the 23rd Annual EMBS International Conference, October 25-28, Istanbul, Turkey.
9. T. Montano, M. Grabowski, Medical Telemetry Grows with Changing Nature of Healthcare, Biomedical Instrumentation & Technology, May/June 2011.
10. M. Roham, C. D. Blaha, P. A. Garris, K. H. Lee, P. Mohseni, A Configurable IC for Wireless Real-Time In Vivo Monitoring of Chemical and Electrical Neural Activity, 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, Minnesota, USA, September 2-6, 2009.
11. A. Scridon, C. Gallet, M. M. Arisha, V. Oréa, B. Chapuis, C. Barrès, C. Julien, Ph. Chevalier, Telemetry monitoring in spontaneously hypertensive rats. Impact of the implant procedure, assessment of electrocardiographic signal quality, Romanian Journal of Cardiology, Vol. 22, No. 2, 2012.
12. A. J. Shah, J. D. Brunett, J. P. Thaker, M. B. Patel, V. V. Liepa, K. Jongnarangsin, R. K. Thakur, Characteristics of Telemetry Interference with Pacemakers Caused by Digital Media Players, PACE, Vol. 33, June 2010.
13. Y. Song, W. R. Patterson, C. W. Bull, D. A. Borton, Y. Li, A. V. Nurmikko, J. D. Simeral, J. P. Donoghue, A Brain Implantable Microsystem with Hybrid RF/IR Telemetry for Advanced



- Neuroengineering Applications, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Cité Internationale, Lyon, France, August 23-26, 2007.
14. The International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use (ICH), S7A Safety Pharmacology Studies for Human Pharmaceuticals.
 15. P. T. Thorbergsson, M. Garwicz, J. Schouenborg, A. J. Johansson, Implementation of a Telemetry System for Neurophysiological Signals, 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008.
 16. S. Yang, S. Lee, K. Park, H. Jeon, Y. Huh, J. Cho, H. Shin, E. Yoon, Piezo motor based Microdrive for Neural Signal Recording, 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008.
 17. D. Zhang, X. Gao, D. C. Yu, A Wireless Electroencephalogram Telemetry Recording System for Roaming Animals, Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Sydney, Australia, December 14-16, 2011.



SISTEMA ELECTRÓNICO DE UNA RED DE SENSORES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UNA ALMOHADILLA

David Hernández Trinidad, Ignacio Algreto-Badillo, Alfonso Flores Meza, Francisco Rubén Castillo Soria

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca. , CP 70760, tel: 01-971-5224050.
David.Hdz.89@gmail.com, algreodobadillo@sanduga.unistmo.edu.mx,
ponchoc2008@hotmail.com, frcsoria@bianni.unistmo.edu.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño e implementación de una red de sensores sobre una almohadilla para su caracterización usando una tarjeta de adquisición de datos. El objetivo principal del sistema es medir, registrar y mostrar los cambios de cada sensor de la red, lo cual se logra mediante la utilización de los sensores y la técnica de multiplexación, donde cada sensor proporciona un voltaje analógico entre 0 y 5 volts. La tarjeta de adquisición de datos EasyUSB IO basada en microcontrolador PIC18F4550 opera sobre un sistema de sensores que se encuentra integrada de 12 sensores de temperatura, 7 sensores de fuerza y 5 sensores de humedad que generan las 24 fuentes de información. Estas señales son multiplexadas en el tiempo y por código a través de tres canales de comunicación por medio de la tarjeta a través de convertidores analógico digital (ADCs), cuya información es enviada a una computadora personal, registrada y graficada, presentando los resultados en tiempo real.

ABSTRACT

This paper presents the design and implementation of a network of sensors on a pad for characterization using a data acquisition card. The main objective of the system is to measure, record, and show changes in each network's sensor, which is achieved through the use of sensors and multiplexing technique, where each sensor provides an analog voltage between 0 and 5 volts. The microcontroller-based data acquisition board, named EasyUSB IO with PIC18F4550, operates on a system of sensors that is integrated of 12 temperature sensors, 7 force sensors and 5 humidity sensors that generate 24 sources of information. These signals are multiplexed in time and code through three communication channels by means of the board through digital analog converters (ADCs), whose information is sent to a computer, recorded and plotted, presenting the results in real time.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los centros sanitarios se presentan problemas de úlceras por presión (áreas de piel y de tejido con heridas) que son lesiones cutáneas localizadas en las zonas de prominencia ósea debido a la inmovilidad que caracteriza la estancia hospitalaria. La mejor medida de prevenir es evitar la presión continua sobre la misma área mediante un cambio de posición corporal, el cual debe realizarse cada dos o tres horas, ya que las úlceras por presión son normalmente causadas por permanecer sentado o acostado en una posición durante mucho tiempo. Un porcentaje muy grande de úlceras por presión son evitables si se pone los medios a tiempo para que no se



agraven. Las úlceras de la piel al menos un 2% son muy severas y compromete la vida del enfermo.

En varios países pobres, la mayoría de las personas con lesiones en la medula espinal muere en uno o dos años, la mayor causa de muerte son las úlceras de presión [1]. Las úlceras de presión, por lo general, se forman en las partes del cuerpo que ha perdido sensibilidad, como la persona no siente y tiene dificultad para moverse, se acuesta o se sienta en una postura por mucho tiempo, el peso corporal corta la circulación de la sangre en las partes huesudas provocando que la piel y la carne mueran formando las úlceras de presión. En esta situación, es necesario proporcionar sistemas que sean capaces de ayudar a las personas a la prevención de estos problemas.

Una manera de prevenir las úlceras mientras se está sentado es usar un cojín para disminuir la presión en las partes huesudas [1], además de que en conjunción con la humedad y la temperatura puede agravar el problema, por lo que hay que tener en cuenta todas estas variables. En la actualidad se diseñan cojines con instrumentos para medir la presión en las áreas huesudas con la finalidad de medir la presión de la piel, pero estos aparatos son muy costosos y en los países pobres hay muy pocos [1].

En este sentido, es necesario diseñar e implementar sistemas electrónicos que adquieran información de sensores que estén midiendo los cambios entre superficies al estar sentado una persona en una determinada silla, para que después se analicen, procesen y se decidan acciones que mejoren la calidad de vida de las personas. Para ello, el siguiente trabajo presenta el diseño e implementación de una red de sensores de una almohadilla para su caracterización usando una tarjeta de adquisición de datos EasyUsb IO basada en el microcontrolador PIC18F4550 que opera sobre un sistema de sensores que se encuentra integrada por 12 sensores de temperatura, 7 sensores de fuerza y 5 sensores de humedad, que generan las 24 fuentes de información. Estas señales son multiplexados en el tiempo y por código a través de tres canales de comunicación por medio de la tarjeta y conversores analógico digital (ADCs), cuya información es enviada a una computadora personal, registrada y graficada.

El sistema electrónico realiza la medición de fuentes de información analógicas por medio de la red de sensores las cuales son procesadas por una tarjeta de adquisición de datos EasyUsb IO. Son 24 fuentes que son ingresadas en tiempo real aplicando técnicas de multiplexación, de las cuales se procesan en grupos de 3 fuentes analógicas que proporcionan datos digitales, lo cual se consigue mediante un conversor A/D en la tarjeta EasyUsb IO. La información digital es enviada vía USB a una computadora personal, donde se presenta por medio de una interfaz grafica el registro de la medición de cada sensor, mostrando la temperatura, humedad y la presión ejercida en ciertos puntos de la almohadilla.

2. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS Y RED DE SENSORES.

Los avances en electrónica digital y ciencias de la computación ofrecen una gran área de posibilidades para la realización de mediciones y acciones de control mediante dispositivos digitales, específicamente utilizando microcontroladores y microprocesadores. Las señales en la naturaleza son mayormente analógicas, por lo que se necesita convertir estas señales en datos digitales, lográndose mediante dispositivos llamados conversores A/D (ADC).



En los sistemas de comunicación de datos, es necesario hacer uso eficiente de los canales de comunicación, así como controlar el acceso al medio, conocer la información que está entrando y así procesarla. El manejo de varias fuentes de información puede ser controlada de diferentes formas, así como el acceso al medio.

La multiplexación tiene como habilidad transmitir datos que provienen de diferentes fuentes, denominados canales de baja velocidad en un medio físico único (canal de alta velocidad). La técnica de multiplexación está basada en una serie de circuitos combinatorios relacionados con la transferencia de información; es decir, se analiza la situación de tener varias señales analógicas, buscando la representación al mundo real y mediante las señales de control se selecciona una configuración del multiplexor para leer las entradas y que éstas aparezcan en la salida, sólo una o unas de ellas de manera bien definida. Haciendo una equivalencia eléctrica, se compara un multiplexor con un conmutador de varias posiciones, de manera que, situando el selector en una de las posibles entradas, éstas aparecerán en la salida. De esta manera, la entrega seleccionada viene determinada por la combinación de ceros y unos lógicos en las entradas de control. La cantidad que se necesita es igual a la potencia de 2 que resulte de analizar el número de entradas; así por ejemplo, a un multiplexor de 8 entradas le corresponden 3 líneas de control. [2]

Por otro lado, el sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transfórmalas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc. Por lo tanto, un sensor convierte una señal física en una señal eléctrica de otra naturaleza. Por ejemplo un termopar produce un voltaje que está relacionado con la temperatura.

Cuando se necesita disponer de información de un único punto, se puede conseguir mediante el uso de un sensor, su acondicionamiento y su electrónica de control adjunta. Cuando se necesita información de varios puntos, se puede hacer uso de varios sensores individuales, o bien disponer de una red de sensores de la que se puede obtener información individual de cada uno de ellos o de forma agregada. El inconveniente que se puede encontrar en la implementación de una red de sensores viene dado de tener que conectar mediante cable cada uno de los sensores con sus dispositivos de control.

Una red de sensores está formada por un grupo de sensores, que colaboran en una tarea específica, con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación los cuales permiten formar redes. Las redes de sensores es un concepto nuevo de adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental.

Cuando se diseñan sistemas de adquisición de datos con computadora, hay aspectos a cerca de los sensores que es necesario tener en cuenta como:

1. La naturaleza de la señal que el sensor o transductor genera: voltaje, rango de amplitud, respuesta en frecuencia, precisión necesaria, tipo de acondicionamiento de señal, convertidor A/D y cualquier otro hardware a utilizar.



2. La influencia de las señales de ruido así como los efectos de carga del hardware de adquisición de datos sobre el sensor.

Además, es necesario la calibración del sensor con respecto a la variable física, analizando si la respuesta del sensor a los cambios de la variable física es lineal o no. Una calibración mal realizada va a producir mediciones erróneas ó no satisfactorias.

En el diseño de sistemas de medición basados en sensores se debe tener en cuenta ciertas cuestiones de diseño como:

- La interdependencia entre los distintos componentes del sistema de adquisición de datos, por ejemplo un sensor muy bueno, con un pobre convertidor A/D no es muy útil.
- La precisión del sensor, esto es la capacidad de medir el mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.
- El tiempo de respuesta del sensor, es decir, el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo medida.
- El coeficiente de temperatura del sensor, el cual viene dado por el cambio que se produce en la respuesta del sensor debido al cambio en la temperatura a la cual se encuentra, por ejemplo el aumento en las corrientes de fuga y el voltaje *offset* de un amplificador.
- La histéresis de un sensor, la cual se define como la dependencia de la salida del sensor con respecto a la respuesta anterior. Ésta es muy común en sistemas magnéticos y mecánicos [2].

Existen varios trabajos en los que se han diseñado sistemas de medición utilizando sensores de temperatura, humedad y fuerza, por ejemplo [3] se presenta el diseño y construcción de un dispositivo automático para gestionar los tiempos de riego óptimos aplicado a una pequeña extensión agrícola de aproximadamente 500 m² de superficie. Se estudia y mide que debido al proceso de transpiración que el 90% del agua recogida por la raíces se pierde en forma de vapor. Esta pérdida varía en función de la temperatura, humedad, radiación solar viento y el tipo de cultivo. El sistema electrónico registra temperatura, humedad del aire, radiación solar y precipitación de agua de lluvia. Estos datos se obtienen mediante sensores y son procesados por un microcontrolador. El sistema de control electrónico está formado por dos partes:

1. una parte que está ubicado en el exterior, formada por un sensor de humedad en el aire, un sensor de temperatura, una LDR y un pluviómetro.
2. una segunda en el interior que consta de un microcontrolador, un LCD para mostrar en tiempo real las distintas medidas de los sensores y una conexión para la comunicación con una computadora personal. La comunicación entre los dos dispositivos se realiza mediante un bus de comunicaciones. Con los datos extraídos de los sensores, el microcontrolador calcula un tiempo de riego adecuado para un crecimiento óptimo de la planta utilizando los recursos necesarios. El dispositivo permite el análisis de los tiempos de riego y las condiciones ambientales mediante una computadora personal con lo cual el usuario puede elegir entre distintas opciones estadísticas.

En [4] presenta la elaboración de un sistema para gestionar y optimizar varios elementos de una vivienda, convirtiéndola en una casa domótica. Donde se controla y crea el sistema de control de temperatura, luz, puertas y ventanas, sistemas de prevención inteligentes, antirrobo, etc. Se demuestra el gran rango de posibilidades que nos da un elemento, como es un PIC dentro de un entorno real con diversas variables a controlar, tanto analógicas como digitales. Implementando el



envío y recepción de datos entre el PIC y la computadora personal, de tal manera que un usuario cualquiera pueda conocer el estado de todos los elementos de la vivienda con una vista rápida a un monitor de control.

El instituto de Biomecánica de valencia (IBV) [5] dispone de STAN (Seat Test Automotive maNikin), un maniquí con tecnología mas avanzada que ha sido desarrollado específicamente para evaluar el confort térmico y la transferencia de humedad de los asientos de automoción. STAN esta compuesto por tres segmentos corporales que, a su vez, están divididos en una serie de segmentos térmicos: el segmento de la espalda posee dos zonas térmicas, una zona superior y una zona media, el segmento lumbar corresponde a una sola zona térmica y el segmento inferior esta compuesto de tres zonas térmicas, dos piernas y la zona de asiento.

Las zonas de la espalda y las piernas están construidas con fibra de vidrio y material epoxy y contienen, como se ha mencionado, 6 zonas térmicas controladas independientemente con sistemas suministradores de producción de calor y sudor para simular los niveles metabólicos humanos. Desde un PC se controla la temperatura del maniquí y el flujo de sudor mientras se registran los datos a frecuencias de hasta 1 Hz. El maniquí está construido de modo que es capaz de reproducir el calor emitido por el cuerpo en diferentes zonas de contacto con el asiento de una forma uniforme en un rango entre 10 y 40°C (la temperatura media de la piel está entre 32 y 35°C). El flujo de calor total suministrado (potencia eléctrica) por el maniquí puede alcanzar los 800 W/m² y es controlado en todo momento para mantener los niveles de temperatura establecidos. La exactitud del equipo de control es de un $\pm 1\%$ de la indicación mostrada en el software. Así mismo STAN simula la sudoración de un usuario con niveles que pueden variar entre 50 y 1000 ml/(hr·m²) en función de la situación, calor extremo con altos índices de sudoración o bajo nivel de sudor como las condiciones estables de viaje en ambientes frescos.

3. RED DE SENSORES PROPUESTA

Se propone el diseño e implementación de un sistema electrónico de una red de sensores para la caracterización de una almohadilla (ver figura 1), el objetivo principal del sistema es medir, registrar y mostrar los cambios de cada sensor de la red. Lo anterior se logra mediante la utilización de los sensores y la técnica de multiplexación, donde cada sensor proporciona un voltaje analógico entre 0 y 5 volts, los cuales son leídos a través de la tarjeta adquisición de datos EasyUSB IO [6]. La multiplexación es llevada a cabo por el uso de 3 canales de comunicación y presentados a través de via USB en una computadora personal.

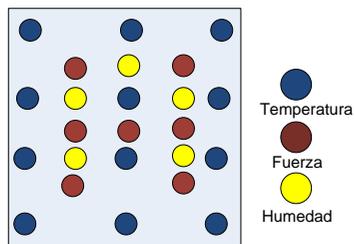


Figura 1. Red de sensores.

El sistema puede enviar o recibir datos dependiendo de la configuración de la tarjeta de adquisición de datos EasyUsb IO y el software con el que interactúa en tiempo real. Para comprender el sistema en sí, se presenta un diagrama de bloques del proyecto, ver figura 2.

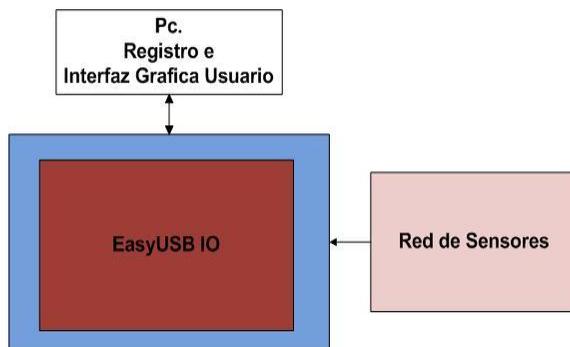


Figura 2. Diagrama de bloques.

En específico se basa en la utilización de la técnica de multiplexación con 24 señales analógicas de entrada, obteniendo como resultado 3 señales analógicas que se procesan a través de la tarjeta de adquisición de datos EasyUSB IO basada en microcontrolador PIC18F4550. La tarjeta EasyUSB IO es una herramienta para adquisición y control de datos, cuenta con módulos para entrada lógicas, la tarjeta opera en modo USB la cual es controlada por un software en visual Basic. Net, cuenta con 4 ADCs, de las cuales se utilizan 3 para el procesamiento de las señales analógicas recibidas por los sensores, opera sobre un sistema de 24 sensores que se encuentra integrada de 12 sensores de temperatura LM35 [7], 7 sensores de fuerza FSR [8] y 5 sensores de humedad HS1101 [9] generan las 24 fuentes de información.

Estas señales son multiplexadas por medio de 3 multiplexores analógicos DG508ACJ [10] en el tiempo y por código a través de tres señales digitales de control por medio de la tarjeta, los tres canales de conversión integrados en la tarjeta permiten el ingreso de la información. La información es enviada en tiempo real a una computadora personal, registrada y graficada mediante un programa, ver figura 3.

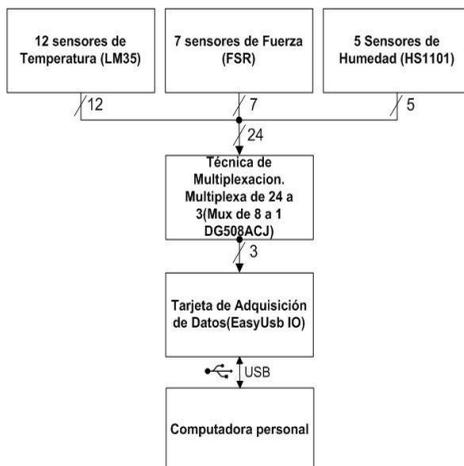


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema electrónico de una red de sensores.

4. IMPLEMENTACIÓN

Modulo principal del sistema es la tarjeta EasyUSB, que satisface todas las exigencias del proyecto, permite la conexión de las líneas que transportan las señales de control y medición



(debidamente a condicionadas) directamente a los pines del integrado sin requerir un convertor externo. De esta forma es posible diseñar e implementar el modulo electrónico de autovalidación de la señal para la medida de la temperatura (LM35), humedad (HS1101) y fuerza (FSR) mediante la adquisición de datos por medio de la tarjeta EasyUsb IO y teniendo en cuenta la información proporcionada de contexto por los sensores vecinos.

De acuerdo con las especificaciones y los sensores seleccionados, se diseña y propone el sistema mostrado en la figura 4.

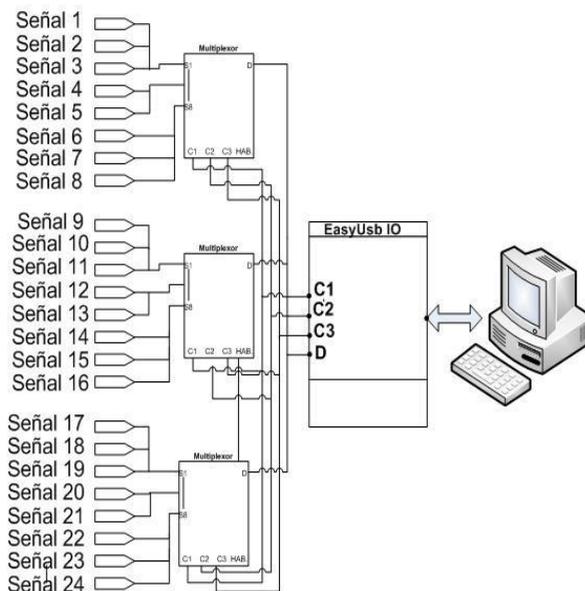
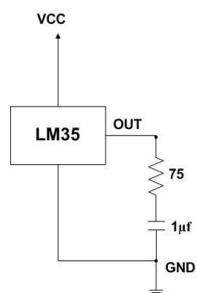


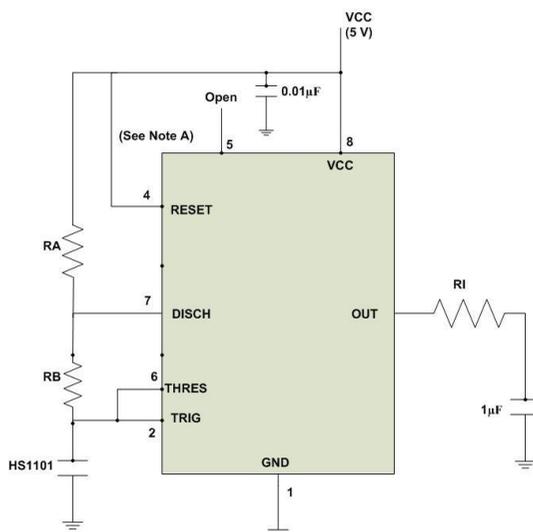
Figura 4. Sistema electrónico de una red de sensores para la caracterización de una almohadilla.

La tarjeta está conectada a una computadora por medio de un conector USB tipo B hembra para montaje en placa. Las señales son procesadas por la tarjeta mediante convertidores analógico digital (ADCs), para presentarlos en una interfaz grafica.

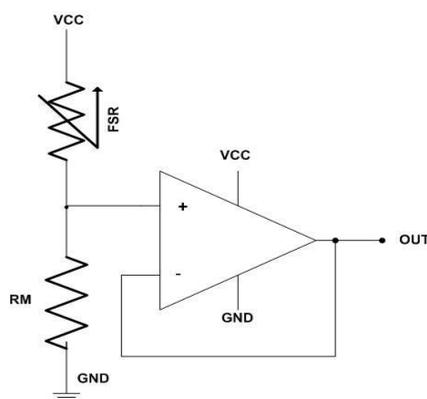
Las 24 señales de entrada se distribuyen de acuerdo a los 3 multiplexores, entregando 3 señales analógicas de salidas, dirigidas a la tarjeta EasyUsb IO haciendo la equivalencia del voltaje de 0 a 5 volts. Se utilizan los diagramas de acondicionamiento de los circuitos de cada sensor, ver figura 5. a) Diagrama del circuito del sensor de fuerza, 5. b) Diagrama del circuito del sensor de Temperatura y 5. c) sensor Humedad (HS1101), lo cuales complementan el sistema de la red de sensores.



a) Diagrama del circuito del sensor de Temperatura



b) Diagrama del circuito del sensor Humedad (HS1101).



c) Diagrama del circuito del sensor de fuerza.

Figura 5. Diagramas de circuitos electrónicos.

De esta manera, se puede simular la red de sensores en la almohadilla, de forma los datos se utilicen para ayudar a tomar decisiones sobre la mejora de dichas condiciones, a través de acciones de control.



5. RESULTADOS

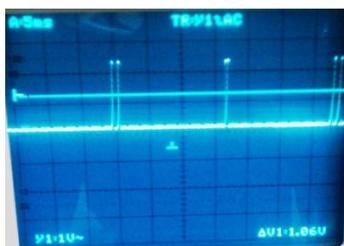
La implementación de la red de sensores para la caracterización de la almohadilla se validó con un conjunto de variables físicas controladas de los sensores, las señales de entrada fueron controladas por los multiplexores tomando una decisión de los datos a presentar junto con la tarjeta de adquisición de datos.

El sistema consta de un control de temperatura con 12 sensores LM35, tiene programado un rango de temperatura (estable) de 20° a 40°; se mide la temperatura de la persona que está sentada, tomando los datos en el cambio de temperatura, procesándola y posteriormente mostrando los resultados en la computadora personal.

Se evaluó el sistema electrónico de humedad alcanzando como resultado el cambio de la humedad, observado por medio de un osciloscopio, (ver figura 6) se muestra los cambios resultantes en el sensor por medio de una corriente de aire simulada observando el cambio de humedad que existe en el ambiente, integrando la constante de cambio en el circuito y presentar el cambio de la humedad.



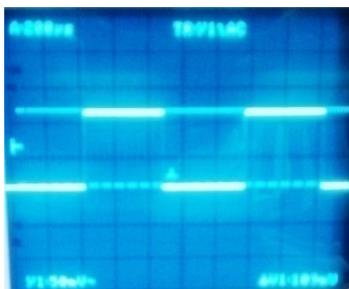
a) Muestra la Humedad constante.



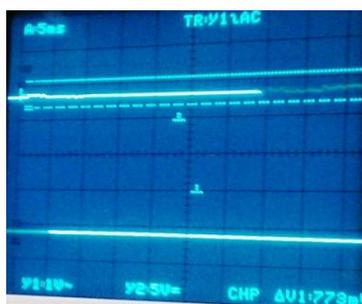
b) Muestra el cambio de Humedad

Figura 6. Resultados obtenidos en los circuitos de Humedad, sensor HS1101.

Se implementaron los circuitos de fuerza obteniendo como resultado el cambio en el resistor (FSR), simulando el peso de una persona sobre el sensor de fuerza para verificar su funcionamiento. En la figura 7, se presenta el cambio en la presión sobre el sensor, los cambios se muestran a través de un osciloscopio.



a) Muestra el sensor sin una presión ejercida



b) Muestra el cambio de presión en el sensor.

Figura 7. Resultados obtenidos de los circuitos de Fuerza, sensor FSR.

La red de sensores se muestra en forma física en la figura 8.



Figura 8. Red de Sensores.

Algunos detalles físicos de implementación son la distribución de sensores en la red, se tomó el posicionamiento de una persona al momento de sentarse en la superficie. Finalmente se diseñó la almohadilla con hule espuma de manera que se adaptaran los sensores y no sufrieran algún inconveniente al momento de hacer las pruebas. La superficie de la almohadilla está de acuerdo a las medidas de una silla de ruedas, distribuyendo los sensores para abarcar la superficie de una persona.



En la figura 9 se muestra la interfaz principal para activar los sensores y los códigos de activación de las entradas ADC de la tarjeta EasyUsb IO para realizar la captura de los datos y presentarlos a través de una computadora personal



Figura 9. interfaz grafica principal del control de sensores.

En la figura 10 se observa el resultado de los sensores de temperatura en tiempo real, registrando y guardando los cambios para su procesamiento.



Figura 10. Resultado de sensores de temperatura.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO CA-9

6. CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo de diseñar e implementar una red de sensores para la caracterización de una almohadilla. Además el conocimiento sobre las señales analógicas en el mundo real y la conversión a digitales por medio de una tarjeta de adquisición de datos y la técnica de



multiplexación. Se reconoce las necesidades que hoy en día tienen los seres humanos con capacidades especiales. Y se logra realizar un prototipo de una almohadilla con procesamiento de datos en tiempo real, dando apertura al análisis que permitirá acciones en la calidad de vida, seguridad y comodidad. Se ha desarrollado un sistema con una red de sensores, utilizando la técnica de multiplexación con una tarjeta de adquisición de datos EasyUSB IO basada en microcontrolador PIC18F4550. El sistema electrónico de la red de sensores interactúa junto con el software, entregando señales multiplexadas en tiempo real y mostrando los resultados de la conversión A/D por medio de la tarjeta de adquisición de datos.

El método propuesto permite determinar los datos de la temperatura, humedad y fuerza, mediante la cual se puede analizar la postura de una persona con capacidades diferentes, previniendo problemas de salud, por ejemplo úlceras de presión, enfermedades en los riñones, calambres, entre otros malestares. Además, de que se mide la temperatura y humedad del cuerpo humano en contacto con la superficie de la silla, a través de la almohadilla para posteriores trabajos.

El sistema diseñado e implementado es de bajo costo con una construcción sólida que resiste la exposición a las condiciones a que estará sometido durante su operación, de fácil manejo y no necesita mucho mantenimiento.

En un futuro se puede implementar en oficinas, centros sanitarios o lugares donde se presente el caso de la adquisición de datos a procesar que tengan que ver con la humedad, fuerza y temperatura.



7. BIBLIOGRAFÍA

1. David Werner with the PROJIMO team and many friends, *Nothing about Us Without Us: Developing Innovative Technologies For, By, and with Disabled Persons*, "Cojines y Probadores de Presión para las Llagas de Presión", (Published by HealthWrights Workgroup for People's Health and Rights Post Office Box 1344 Palo Alto, CA 94302, USA), 155-164,(1998).
2. John Bentley, *Sistemas de Medición: Principios y Aplicaciones (SMPA)*, (Compañía Ed. Continental 1ª edición), Sección 8.1, (1993).
3. Jordi Fernández López y Robert Piqué López, *Sistema de control mediante microcontrolador: Sistema de riego automático*, "Sistema de riego automático", (Ed. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona), 5-8, 17 de enero de 2010.
4. Iván Ruiz Lorca y Manuel Manzanares Brotons, *Sistema de Gestión Domótica de una Vivienda*, "Diseño de una casa domótica", (Ed. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona), 5-15,12 de enero de 2011.
5. Instituto de Biomecánica de Valencia, Revista de BIOMECÁNICA, publicación semestral al cuidado de la calidad de vida, Vol. 51, 20-24, enero 2009.
6. Federico Lugo, EasyUSB IO Modelo: 4442TR,"Interface de Adquisición y Control", Revisión Técnica A1, FETRONICS, 2011.
7. TEXAS INSTRUMENTS, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, "Literature Number SNIS159B", (Ed. Texas Instruments, Dallas, Texas), 2011.
8. INTERLINK ELECTRONICS, FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog," FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog With Suggested Electrical Interfaces", Version 1.0, (Ed. Interlink Electronics, Camarillo, CA), 2011.
9. HUMIREL, RELATIVE HUMIDITY SENSOR, "HS 1100/HS 1101", Technical Data version 1.0, HUMIREL, 2002
10. Maxim Integrated Products, MAXIM Monolithic CMOS Analog Multiplexers,"DG508A/DG509A", (Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA), 2010



SISTEMA MECATRÓNICO DE ESTIMULACIÓN AUTOMÁTICA PARA PREVENCIÓN DE MUERTES POR APNEA EN INFANTES NEONATOS. APLICACIÓN HOSPITALARIA.

Dr. José Luis Ortiz Simón, Dra. Martha Aguilera Hernández, MC Fideas Morales Villalobos, Ing. Juan Guzmán Castillo, Ing. Nicolás Cruz Hernández.

Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Reforma Sur 2007, Nuevo Laredo Tam.
jlortiz@itnuevolaredo.edu.mx; maquilera@hotmail.com; fideas_m@hotmail.com;
jguzmancast@prodigy.net.mx; nicocruz@hotmail.com

Resumen

Introducción.

La estimulación quinestésica manual sigue siendo el principal método hospitalario de prevención en los casos de bradicardia o hipoxemia debido a la apnea recurrente en infantes prematuros. Los sistemas de alerta mantienen a la enfermera de un hospital al pendiente del bebé para estimularlo físicamente en caso de presentarse la apnea. En este artículo se presenta el diseño de un sistema mecatrónico que detecta la disminución del nivel de oxigenación en la sangre y la reducción de la frecuencia respiratoria del infante para generar un estímulo mecánico.

Materiales y métodos

Se diseñó un cunero con un sistema de resortes y vibrador para dar estimulación física al bebe sin necesidad de una enfermera. Se utilizó una tarjeta de adquisición de datos de Labview y se generó un algoritmo para monitorear las variables. Al detectar niveles inferiores a los estadísticos normales se activa el sistema de estimulación para reanimar al bebe.

Resultados.

Se probó el sistema con 10 infantes de parto normal menores de 2 meses de edad y simulando bajos niveles. En todos los casos se obtuvo el consentimiento por escrito de acuerdo a estándares internacionales como lo indica la declaración de Helsinki. El sistema fue capaz de despertarlos en todos los casos.

Discusión.

El sistema aun continúa en pruebas. No se ha logrado la prueba con infantes prematuros. Sin embargo de acuerdo a los resultados obtenidos hasta ahora, creemos que el sistema es capaz de reanimar al bebe cuando este presente un cuadro de apnea.

Conclusiones.

Se obtuvo el primer sistema de monitoreo y estimulación automática para prevención de muerte por apnea mediante oximetría. Se comprobó que el sistema es capaz de despertar y reanimar al infante después de una hora de sueño natural.



Abstract

Introduction

Manual kinesthetic stimulation remains to be the main method for preventing cases of bradycardia or hypoxemia due to recurrent apnea in premature infants. Warning systems alert a nurse to physically stimulate a babyborn in case of apnea. In this article we present the design of a new mechatronic system which detects oxygen level reduction and the baby's breathing rate to generate a mechanical stimulus.

Materials and methods

We designed a cradle with a spring system and a motorized vibrator to stimulate physically a newborn automatically. We used a data acquisition card and a homemade algorithm to monitor variables. The system activates itself by detecting statistical levels below normal.

Results

We tested the system with 10 normal birth infants less than 2 months of age and simulating low levels. In all cases we got a signed and informed consent form, in accordance with international standards such as the declaration of Helsinki. The system was able to awaken the infants in all cases.

Conclusions

We designed the first monitoring system with automatic stimulation for prevention of death from apnea. It was found that the system is able to awaken and revive the infant after an hour of natural sleep

Introducción.

Las enfermedades respiratorias son algunas de las más importantes y serias condiciones que afectan a un bebé recién nacido [1]. La apnea es una condición médica que causa el cese de la respiración por un tiempo de 20 segundos o mayor [2] y se presenta comúnmente en infantes prematuros, que a menudo carecen del desarrollo neurológico para respirar correctamente por su propia cuenta [3]. La apnea además resulta en cambios patológicos en el ritmo cardiaco y la saturación de oxígeno [4]. Los episodios de apnea en infantes neonatos son muy comunes y están asociados con la mortalidad a corto plazo o daño neurológico durante la niñez de los mismos [5]. Es por lo anterior que en años recientes se ha incrementado el interés por utilizar dispositivos de monitoreo, los cuales pretenden incrementar la esperanza de vida de la población [6]. El monitoreo de la dinámica respiratoria es una herramienta de diagnóstico esencial en varios ambientes clínicos, como en los diagnósticos del sueño, cuidados intensivos y el monitoreo de recién nacidos [7]. Sin embargo un importante problema se da desde el punto de vista asistencial, ya que en ocasiones los recién nacidos afectados requieren ser intubados y ventilados mecánicamente, lo cual también implica un fuerte aporte económico para afrontar los gastos hospitalarios [8]. Cuando un bebé sufre un ataque de apnea es de vital importancia darle un estímulo externo para que reaccione y vuelva a respirar. Lo anterior por lo tanto plantea un problema sobre cómo es posible proporcionarle el estímulo de manera automática al bebé sin necesidad de supervisión humana. Existen ciertos dispositivos, algunos comerciales y otros aún en fase experimental, que proveen de alguna forma una alerta-estímulo para hacer reaccionar a un bebé que sufre de apnea. Un dispositivo vibro táctil que se coloca en el pie del infante y se activa basado en las señales fisiológicas del mismo [9]. Algunos otros dispositivos además de estimular al bebé disponen de alarmas sonoras que se activan al cabo de no registrar movimiento durante unos 20 segundos [10,



11]. Estos sistemas, sin embargo no contemplan el hecho de que sucesivas activaciones de las alarmas podrían afectar el oído del bebé a largo plazo. Además de que no es garantía la detección de movimientos tan ligeros del bebé durante la respiración aunado a una mala colocación del sensor de movimiento. Existen muchos dispositivos de detección de apnea pero ninguno que la combata automáticamente. A la fecha no existe algún sistema mecatrónico que actúe para combatir la apnea mediante la medición del nivel de oxígeno o saturación de oxígeno en la sangre (oximetría). En este trabajo se presenta un prototipo inteligente que mediante la combinación del sensado del nivel de oxígeno en la sangre (oxímetro SpO₂) y detección de movimiento del cuerpo en conjunto con un mecanismo de estimulación adecuada pueda despertar a un bebé en caso de detección de un ataque de apnea.

Materiales y métodos

Se acondicionó una mesa de transporte de materiales para colocarle una base de acrílico con un motor-vibrador. A esta se le adaptó un sistema de resortes que sostienen la base del colchón. Se le colocaron unas paredes hechas de acrílico transparente para darle forma similar a un cunero usado en las áreas de maternidad de un hospital (Figura 1). Al motor de CD utilizado se le colocó en su eje una masa redonda desbalanceada que cuando gira, proporciona la vibración suficiente para mover a un bebé de 5kg de masa. Pruebas iniciales se hicieron con un muñeco de forma humana de 4,3kg. Se colocó una barrera de acrílico que sirve como pared de protección para evitar caídas del cunero. Mediante una tarjeta de adquisición de datos se diseñó un algoritmo en Labview 2010 (National Instruments 11500 N Mopac Expy Austin TX) para monitorear la frecuencia respiratoria y oxigenación en la sangre. Un sensor óptico detecta los cambios de sangre oxigenada en el pie o en un dedo del bebé.

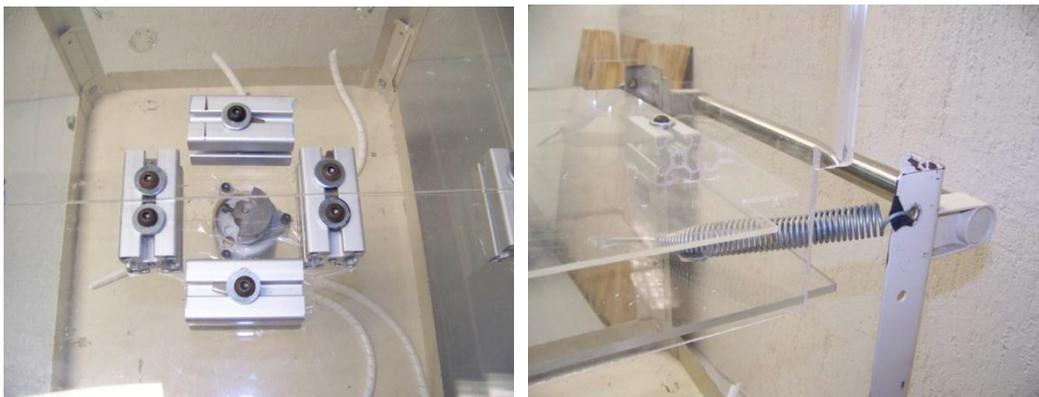


Figura 1. Cunero adaptado a) con motor vibrador y b) sistema de resortes.

Cuando se detectan los niveles inferiores a los estadísticos normales se activa el sistema de estimulación. Este sistema combinado con sensores de movimiento al cual se puede preestablecer niveles de movimiento y tiempos. Al no detectar movimiento alguno dentro de límites preestablecidos se activa el mecanismo para generar la estimulación y se alerta mediante señales visibles y audibles (Figura 2). Las primeras pruebas realizadas fue hecha con bebés de parto normal con el consentimiento escrito de sus padres de acuerdo a los estándares internacionales. Todos los bebés con menos de 2 meses de nacido. Todas las pruebas fueron realizadas en casa del niño mediante la supervisión de los padres. En ninguno de los casos se detectó disminución de la oxigenación y los movimientos de respiración fueron siempre suficientes para mantener el sistema inactivo. En 5 de los casos se simuló disminución de oxigenación y en otros 5 casos se



simuló inactividad respiratoria. En estas simulaciones se activo el sistema y en el total de los casos se noto reacción por parte del bebe. En 8 de los casos el bebe despertó.



Figura 2. A) Sensores de oxígeno SpO2 y sensor de movimiento. B) Cunero con sistema de monitoreo.

Resultados

El sistema continua en la etapa experimental y aun no ha sido probado con bebes prematuros debido a la normatividad hospitalaria. Solo se ha comprobado que un bebe dormido logra despertar con la vibración que genera el mecanismo después de que este ha permanecido dormido durante una hora de sueño natural (Tabla 1).



Tabla 1. Resultados de 10 pruebas con simulación de activación sensorial.

Bebé	Edad (días)	Lugar	Sensor activado	Reacción	SpO2 %
1	48	Hogar	SpO2	Despertó	92± 2
2	54	Hogar	SpO2	Despertó	95±3
3	29	Hogar	SpO2	Despertó	97±3
4	2	Hospital La Fe	SpO2	Movimiento corporal	95±4
5	2	Hospital La Fe	SpO2	Movimiento corporal	96±4
6	39	Hogar	Movimiento	Despertó	97±3
7	38	Hogar	Movimiento	Despertó	95±3
8	36	Hogar	Movimiento	Despertó	94±2
9	44	Hogar	Movimiento	Despertó	96±4
10	46	Hogar	Movimiento	Despertó	96±4

A cada uno de los bebés se les colocó el sensor de oximetría en el pie derecho y constantemente se monitoreo el movimiento fisiológico causado al respirar. Todos los casos presentaron suficiente movimiento para mantener desactivado el sistema. Los niveles registrados de saturación de oxígeno registrado en promedio durante 15 minutos se muestra en la Tabla 1. Decidimos simular la activación del sensor de movimiento y de bajos niveles de oxigenación en algunos de los casos. Se comprobó mediante la activación del sistema que en 8 de los casos el bebe despertaba después de estar dormido aproximadamente una hora. Dos de ellos, solo reaccionaron con movimientos corporales lo que fue considerado como reanimación del infante. El algoritmo desarrollado en Labview para el sensado de oxigenación se presenta en la Figura 3.

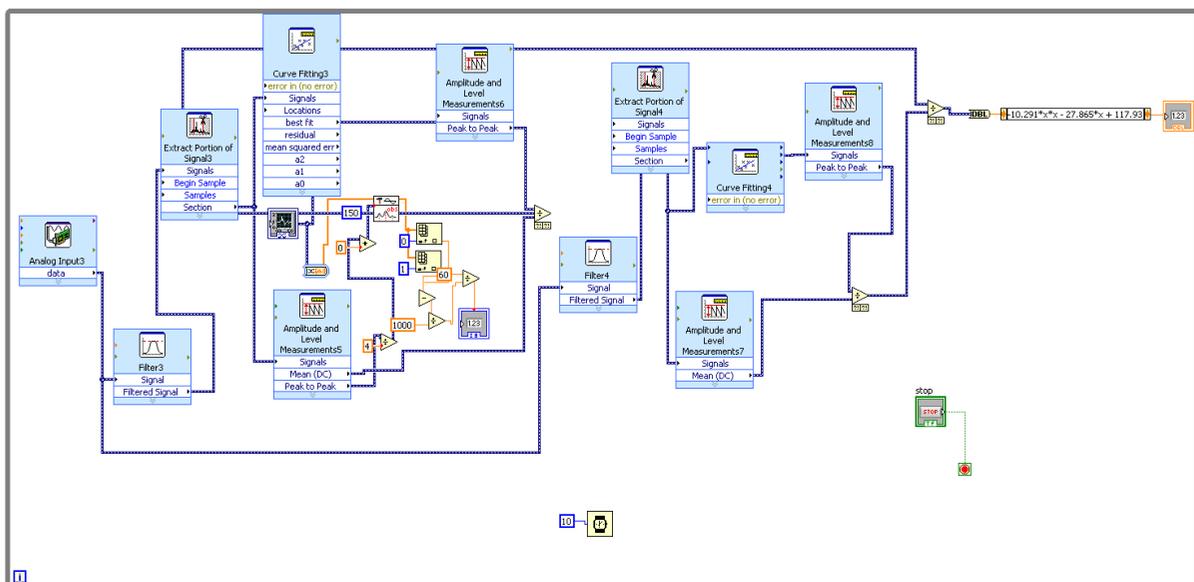


Figura 3. Algoritmo en Labview del oxímetro.



Discusión.

Actualmente no se encuentra en el mercado ningún producto que realice la estimulación por medio de oximetría. La gran desventaja de los comerciales y publicados en revistas científicas es que solo son alarmas. Únicamente indican cuando existe un posible caso de apnea. Y en los casos de estimulación lo hacen checando el movimiento del bebé. Si por alguna razón no hay personal disponible o cerca del recién nacido, existe el gran riesgo de perder la vida. El diseño que proponemos es el de un sistema prototipo que es capaz de darle una estimulación física al recién nacido, así como monitorearlo continuamente. Aunque no se pudo lograr obtener información estadística por parte de los hospitales visitados como el IMSS, Hospital de Especialidades y la Cruz Roja, sabemos por comentarios verbales de médicos neonatólogos que los casos de nacimientos prematuros son considerables. Ha llegado momentos en que no hay cuneros suficientes en el área de maternidad del IMSS que dificulta el monitoreo continuo de los recién nacidos. De acuerdo a la OMS desde el centro de noticias de la ONU, de manera global se ha incrementado de manera “alarmante” en un informe presentado en mayo del 2012. Unos quince millones de bebés nacen demasiado pronto cada año y más de un millón mueren poco después de nacer. Además, de acuerdo a este informe, en los países como el nuestro un factor importante causa de riesgo es debido las altas tasas de embarazo de las adolescentes [11]. Este proyecto está pensado con la intención de ayudar a salvar una vida. Creemos que si tan solo una vida logra sobrevivir gracias a este proyecto hemos cumplido con creces nuestra intención final. Definitivamente este proyecto está dirigido principalmente a todos los hospitales públicos y privados que proporcionan el servicio de maternidad y puede hacerse extensivo a hogares donde nacen niños prematuros y hay gran descuido por parte familiar, independientemente de las causas.

Conclusiones.

Hemos desarrollado el primer sistema de monitoreo y estimulación automática para prevención de muerte por apnea en infantes neonatos prematuros mediante la detección de los niveles de oxigenación en la sangre y movimientos fisiológicos de neonatos. Se comprobó que el sistema en conjunto es capaz de despertar y reanimar al infante después de de una hora de sueño natural. El sistema está preparado para monitorear 6 cuneros simultáneamente en una instalación hospitalaria. Creemos que aunque el sistema no garantiza salvar una vida, este mecanismo es una herramienta que puede evitar una muerte.



Referencias

1. M. Ochoa, J.S Osorio, R. Torres, C.N. McLeod, Development of an apnea detector for neonates using diaphragmatic surface electromyography. : 7095 – 7098, Date of Conference: 3-6 Sept 2. (2009)
2. M. Payombar: Automatic Vibrotactile Device For Apnea Interruption. Eastern Mediterranean University, Cyprus May 2009
3. R. Alexander, R. Gilbert, J. Schermerhorn, B.Ugoh, A.Ulrich; Babalung: A Neonatal Apnea Monitor for the Developing World. Rice University: Department of Bioengineering, May 23, 2012.
4. R. Reyes, G. Cordero I.Alvarez, Apnea de la Prematurez”, Perinatol Reprod Hum ; 22: 279-289 (2008).
5. M. Altuve, G. Carrault, A.Beuchee, P..Pladys, A.Hernandez: Online apnea-bradycardia detection using hidden semi-Markov. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 4374–4377. (2011)
6. N. Oliver, F. Flores-Mangas. Health Gear: Automatic Sleep Apnea Detection and Monitoring with a Mobile Phone, Journal of Communications, 2,:2 (2007).
7. P. Várady, T. Micsik,, S. Benedek, Z.Benyó; A Novel Method for the Detection of Apnea and Hypopnea Events in Respiration Signals. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 49, 9:8 (2002)
8. B. Aponte, A. Sánchez. En los recién nacidos afectados de apneas de la prematuridad, el tratamiento con cafeína parece tener un efecto beneficioso sobre el desarrollo neurológico a largo plazo. Evid. Pediatr. 4:4. (2008).
9. P. Marayong, MS Mostoufi; Foot vibrotactile device for central apnea interruption in premature infants”, Stud Health Technol Inform ; 142:180-2. (2009)
10. Sitio en internet consultado el 7 de Julio 2012, <http://www.angelcaremonitor.com/International/en/products/angelcare-monitor-AC401-deluxeplus>
11. Sitio en internet consultado el 8 agosto 2012; http://www.un.org/spanish/News/full_storynews.asp?newsID=23352



1.3 COMPUTACIÓN E INGENIERÍA DE SOFTWARE

ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS RECURSOS DE UNA RED DE DATOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN GATEWAY DE DISTRIBUCIÓN LIBRE

Laura Dávalos Castilla, Vladimir Cabañas Victoria, Melissa Blanqueto Estrada

Universidad de Quintana Roo

Blvd. Bahía Esq. Ignacio Comonfort S/N Col. Del Bosque. C.P. 77019

Chetumal, Quintana Roo

Tel (983) 8350300 ext 276

laurad@uqroo.mx, lauradavalos@gmail.com, vdrakul@uqroo.mx, vdrakul@gmail.com,
melissa@uqroo.mx,

Resumen

El control y la gestión adecuada de los recursos de una red de datos son imprescindibles para garantizar un buen servicio que se mantenga acorde a las necesidades crecientes de la misma, a continuación se presenta una propuesta para llevar a cabo una administración eficiente de los recursos y un control que permite a los administradores de red tomar decisiones bien informadas mediante la implementación de un Gateway de distribución libre. Así mismo, se presenta un análisis del impacto del Gateway en el rendimiento de la red.

1. Introducción

La seguridad es la capacidad de mantener intacta y protegida la información de sistemas informáticos. [1]

Actualmente es indispensable contar con un nivel de seguridad en la red acorde a las necesidades de la empresa, institución, hogar, o cualquier otro sitio donde una red de computadoras exista. La seguridad debe de estar enfocada a los recursos más importantes. Por otro lado, tampoco es recomendable dejar los recursos menos indispensables sin ningún tipo de seguridad.

Lo más importante en una red es la información que maneja, no obstante también es importante tener la disponibilidad de los recursos de la red, como las impresoras, los equipos de cómputo, las cámaras de red, el ancho de banda, así como también los recursos de cada computadora y dispositivo en la red, por ejemplo, la memoria RAM de una computadora, la memoria virtual, la memoria del disco duro, etc.

Por lo anterior, es importante contar con una buena administración de la red y los recursos que esta posee, así como también implementar las herramientas necesarias que ayuden a este propósito.

Un Gateway es un dispositivo o software, cuya función principal es la de interconectar dos o más redes con protocolos de comunicación similares o diferentes, haciendo la tarea de traducir un protocolo en otro. [2]

Al concentrarse todo el tráfico en un solo punto, las posibilidades de fallo se incrementan, en contraste, encontrar donde se origina el problema es más fácil.



No todos los gateway, sean o no comerciales, tienen la posibilidad de brindar estadísticas de red, pero existen herramientas de software para poder realizar esta tarea en específico, depende de los datos que se quieran obtener.

Es cierto que mientras más computadoras estén en la red (y todas ellas se conecten a Internet) el ancho de banda disponible se ve reducido, lo que se traduce en una navegación lenta; sin embargo si muchos usuarios frecuentan los mismos sitios web (por ejemplo, en una institución en horario de clases), la instalación de un proxy cache puede ayudar a mitigar este problema.

1.1 Planteamiento del problema.

La universidad de Quintana Roo cuenta con dos aulas de cómputo, donde 66 equipos, 3 servidores, 3 cámaras IP y 2 impresoras se encuentran conectados a la red informática universitaria. A través de un backbone, se les provee Internet a todos los equipos conectados a la red.

Se desea implementar un sistema el cual permita obtener estadísticas de la red en tiempo real. Asimismo, por la cantidad de computadoras, se desea optimizar el tráfico de red, dándole prioridad al tráfico que lo requiera.

1.2 Hipótesis.

La implementación de un Gateway en la red, permitirá un mejor control y administración, priorizando el tráfico más importante e implementando normas de seguridad para un buen uso de los recursos de la red.

2. Metodología

Se analizará con mayor detalle cuáles son los requisitos de la red de las aulas de cómputo de la Universidad de Quintana Roo, mediante la realización de entrevistas con los administradores de la red de las aulas de redes.

Una vez obtenidos los requisitos específicos, se seleccionará el software, hardware o la solución que mejor se adapte al presupuesto y a las necesidades de la Universidad.

Se llevará a cabo la instalación y configuración del Gateway seleccionado y pasará por una etapa de pruebas y recopilación de datos, con el fin de analizarlos y determinar si son los datos estadísticos y de control que se desea implementar. De no ser así, se instalarán las herramientas y/o configuraciones necesarias hasta que el producto sea el adecuado.

3. Desarrollo

De la primera fase, el análisis de requerimientos se realizaron entrevistas a los administradores de red y al encargado de las aulas informáticas de donde se identificó que la delegación de la administración de las aulas de redes es una opción favorable y viable para mejorar el tiempo de respuesta ante posibles eventualidades que podrían surgir en cualquier momento, el "aislamiento" de la red de las aulas de redes de la Universidad de Quintana Roo sirve tanto para la integridad de la red como para beneficio de los usuarios ya que no pondrían en riesgo la integridad de la red universitaria al momento de realizar prácticas de red y que la implementación de un servidor proxy cache en conjunto con el Gateway transparente ayudaría en gran medida a implementar políticas



de tráfico adicionales y obtener datos estadísticos, a administrar de mejor manera el ancho de banda.

3.1 Propuesta de solución para los servicios a implementar.

De acuerdo a las necesidades descritas en la encuesta de requerimientos realizada a los administradores, se destacan los siguientes puntos:

- Separación de la red de las aulas de redes de la red universitaria.
- Implementación de herramientas de administración de red.
- Implementación de asignación de direcciones IP de manera dinámica.
- Implementación de herramientas de monitoreo y estadísticas.
- Delegación de la administración de las aulas de redes.
- Implementación de un proxy cache para la red de las aulas de redes.
- Solución escalable. (Para futuras implementaciones o extensiones de la misma).

Evaluando las características, para este proyecto se ha realizado la elección del software pfSense, puesto que cubre todas las necesidades y es una solución de distribución libre, de la que se cuenta con muchos recursos gratuitos y la capacidad de ser un proyecto escalable.

A continuación se ilustra de manera gráfica como quedará la red de las aulas y adecuada con el gateway. (Figura1)

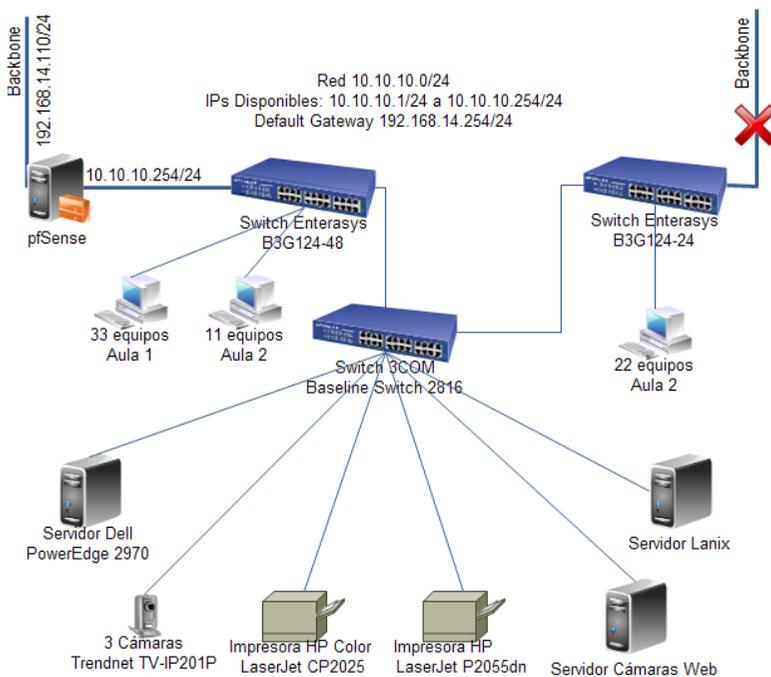


Figura 1 Distribución lógica con la solución implementada

3.2 Instalación de herramientas de monitoreo y estadísticas.

El software pfSense cuenta con herramientas de monitoreo en tiempo real. La herramienta de proxy cache Squid3 al estar configurado como proxy transparente, realizará el filtrado de todo el



tráfico que se genere desde la interfaz WAN hacia la interfaz LAN. Dicho software cuenta con la capacidad de almacenar logs, los cuales documentan las conexiones y visitas hacia los sitios de internet, así como la cantidad de información en megabytes descargadas por cada host y otros datos estadísticos. El manejo de los logs no es sencillo y requiere conocimientos acerca de cómo acceder a ellos por navegadores de archivos vía SFTP, FTP, SSH o desde la misma página de administración pfSense. También requiere de conocimientos para interpretar correctamente los logs.

Para la visualización e interpretación de los logs del Squid3 se usa la herramienta LightSquid; además sirve para ver el estado del servidor proxy en tiempo real.

El Firewall de pfSense Traffic Shaper se basa en el Packet Filter (PF) originario de OpenBSD, cuya función es filtrar el tráfico e incluye funcionalidades como el regulador de caudal ALTQ (Alternate Queuing) el cual sirve para asignar prioridad por tipo de tráfico. La configuración del firewall se realiza vía web desde cualquier host en la red LAN del PFSense. [3]

4 Resultados

4.1 Análisis de la red

Uno de los aspectos a tomar en cuenta es el hecho de que antes de la instalación del pfSense, la administración de la red estaba a cargo del Departamento de Cómputo y Redes de la Universidad de Quintana Roo. Con la instalación e implementación del pfSense, se delega cierta administración al responsable de las aulas de redes.

4.2 Velocidad de la red

La primera prueba que se realizará será la de velocidad de Internet sin el pfSense y con el pfSense implementado, debido a que es un servidor más con políticas de tráfico implementadas que hay que atravesar para salir a Internet desde la red LAN. [4]

Lo primero que notamos es que la velocidad no es constante. Para la primera prueba, en ocasiones se alcanzaban picos de transferencia de hasta 1.93Mbps de bajada y 1.31Mbps de subida, tabla 1.

Tabla 1

	Sin PFSense	Con PFSense
Promedio de velocidad de bajada	1.83Mbps	1.68Mbps
Pico más alto de bajada	1.93Mbps	1.89Mbps
Promedio de velocidad de subida	1.23Mbps	1.29Mbps
Pico más alto de subida	1.63Mbps	1.60Mbps

Tabla 1. Promedio de velocidades de Internet

El grado de incertidumbre dificulta la medición exacta de las variaciones de velocidad, pero podemos concluir que implementar el **pfSense no afectó la velocidad de navegación en las**



aulas de redes, puesto que algunas páginas arrojaron resultados por encima de los promedios de velocidad obtenidos.

4.3 Separación de la red.

Una de las metas a cumplir era la separación de la red de las aulas de redes de la red universitaria.

El servidor con pfSense es un dispositivo que funciona a varios niveles del Modelo OSI, e incluso puede analizar tráfico a nivel aplicación (capa 7 del modelo OSI).

Al colocar el pfSense entre el Switch que distribuye el internet y el Site que conecta a la red universitaria, se separó el dominio de broadcast de las aulas de redes del resto de la red, funcionando el pfSense como gateway que conecta las aulas de redes con la red universitaria. (Figura 2). [5]

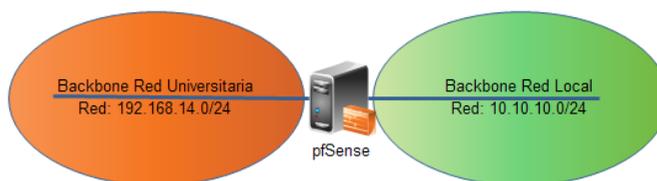


Figura 2 Separación de la red

4.4 Implementar herramientas de administración de red.

Al implementar pfSense, también se están implementando herramientas de administración de red para cumplir algunas funciones básicas de administración.

El pfSense cuenta con las siguientes herramientas de administración principales:

Alias.- facilita el trabajo de administrar la red, creando alias que pueden englobar a uno o varios host, con la finalidad de utilizar los alias en la definición de reglas de tráfico y evitar escribir reglas demasiado largas o cometer errores humanos al momento de definir las (una IP mal escrita por ejemplo). Con el fin de facilitar la administración futura, se ejemplificará el uso de los alias creando uno para cada grupo de hosts de las aulas de redes, definiendo "aula1" para todos los hosts correspondientes al aula 1 de redes, y "aula2" para todos los hosts correspondientes al aula 2 de redes.

Reglas.- Para la administración, la definición de las reglas es una herramienta indispensable, puesto que se puede permitir o denegar cierto tráfico colocando una regla, que posteriormente puede ser editada, deshabilitada o borrada, sin afectar la configuración de los demás servicios como el firewall o el servidor proxy cache, es un procedimiento sencillo y si se combina con los alias resulta ser muy útil para implementar políticas de último momento, por ejemplo, deshabilitar el Internet durante una práctica o examen en una de las aulas. [6]

Traffic shaper.- Como herramienta administrativa es útil para priorizar cierto tipo de tráfico, ayudando a los protocolos de red más indispensables a reducir el tiempo de respuesta, se configuró de manera por default, priorizando únicamente el tráfico HTTP y HTTPS.



DHCP server.- El servidor DHCP es el encargado de brindarle a los host que se conectan a la red los parámetros necesarios para poder navegar exitosamente en Internet e interconectarse con otros dispositivos de la misma red, con esta herramienta se cubrió el objetivo de tener la administración de todos los host desde un solo punto. [6]

Servidor proxy cache transparente.- El servidor proxy cache consta de herramientas que pueden ayudar a la administración de la red. Al ser un servidor proxy transparente, todo el tráfico es filtrado a través de él y en combinación con herramientas que incluye el Squid como ACLs (Access Control Lists), se puede controlar el acceso a los sitios web y direcciones IP. [7]

4.5 Implementar herramientas de monitoreo y estadísticas.

Reportes del servidor proxy.- Para obtener reportes estadísticos del servidor proxy Squid3, se instaló la herramienta LightSquid, es posible obtener información estadística de los usuarios tomando en cuenta las páginas visitadas y los bytes transferidos como eje central. Esta información nos permite identificar que uso de Internet se le da a la red. (Figura 3)

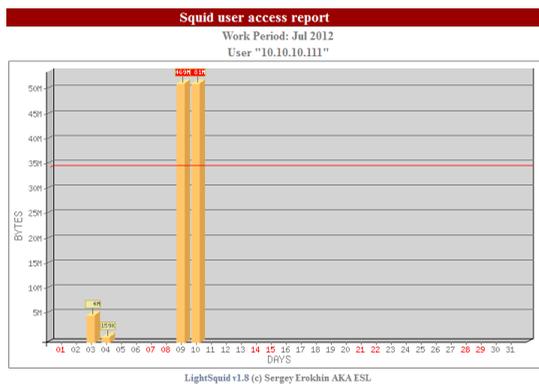


Figura 3 Gráfica de bytes por usuario

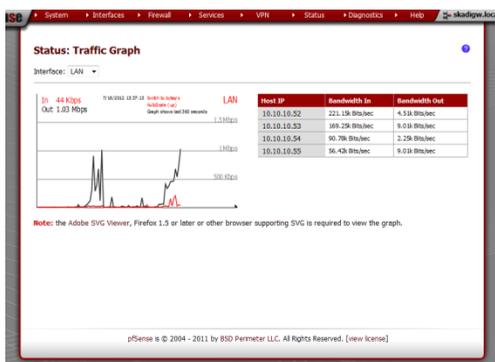


Figura 4 Gráfica en tiempo real LAN

Gráficas en tiempo real del tráfico.- Se destaca el uso de esta herramienta para conocer los host con actividad en la red y la cantidad de información que están enviando y recibiendo, es útil cuando se desea dar una respuesta pronta a algún inconveniente relacionado con el ancho de banda como podría ser que un host esté generando broadcast múltiples. (Figura 4)



Graficas RRD.- Las siglas RRD quieren decir Round Robin Database; es un tipo específico de base de datos que almacena información basada en series temporales. El servidor pfSense cuenta con un sistema de gráficas RRD integrado que brinda información para consultar y verificar el uso del equipo, así como también el rendimiento que está teniendo el equipo en cada una de las interfaces.(Figura 5)

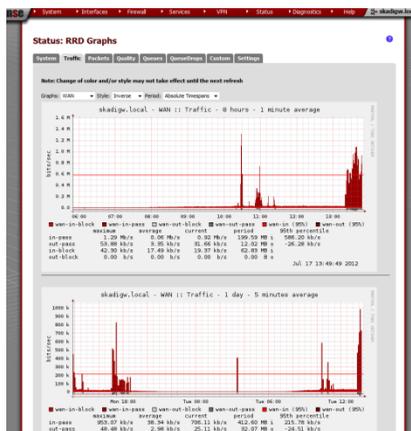


Figura 5 Gráfica RRD del tráfico de la interfaz WAN

4.6 Delegar la administración de las aulas de redes.

La administración nunca se podrá delegar por completo, ya que la red de las aulas depende de la red universitaria para acceder a Internet.

La meta que se logró con la implementación de pfSense es poner a disposición una herramienta que brinde y facilite la administración de los recursos y el ancho de banda, así como también sirve para monitorear e implementar políticas de uso del equipo de cómputo.

4.7 Solución escalable.

El servidor instalado con el software pfSense cuenta con las características para soportar un futuro incremento de usuarios, ancho de banda o actualización de hardware. La compatibilidad de hardware del pfSense instalado deriva directamente de la lista de compatibilidad del software FreeBSD 8.1, el cual posee una gran compatibilidad con diversos fabricantes de hardware. [3]

5 Conclusión.

La implementación de un Gateway con pfSense en el aula de redes de la Universidad de Quintana Roo ayudó a tener un mejor control y administración sobre la red local. Las estadísticas y el monitoreo de la red representan información valiosa para tener un mejor conocimiento no sólo de los componentes de la red, sino también de la actividad que realiza cada uno de los mismos. PfSense resultó ser una herramienta útil y de fácil manejo, que consta de los componentes necesarios para llevar a cabo una buena administración de la red.

Se proporcionaron herramientas de monitoreo y estadísticas básicas de red, herramientas de administración, control del ancho de banda, priorización de paquetes e instalación y configuración de una memoria cache para los sitios web más visitados.



En cuanto a los beneficios que tiene el Gateway en general, se destaca el aprovechamiento del ancho de banda de mejor manera, puesto que al contar con sólo 2Mbps para todos los equipos, el servidor proxy cache y la priorización de los paquetes ayuda a que los estudiantes puedan navegar en Internet de manera más eficiente y puedan realizar prácticas en red sin afectar a la red universitaria.

6 Trabajo Futuro.

Cabe resaltar que tanto el hardware como el software instalado tienen la capacidad de desempeñar más funciones en el futuro, por ejemplo, agregando una tarjeta de red más es posible agregar otro enlace LAN o WAN en el servidor con pfSense para efectos de redundancia o balanceo de carga. Es posible también cambiar los ajustes del regulador de caudal (Traffic Shaper) para que se ajuste a nuevas necesidades de priorización de tráfico en el futuro. El software también consta de las herramientas necesarias para utilizar VPNs y hacer la navegación más segura.

7 Bibliografía

- [1] G. Asensio, Seguridad en Internet: una guía práctica y eficaz para proteger su PC con software gratuito, (Madrid, España: Ediciones Nowtilus S.L.), (2006).
- [2] L. Duran, El gran libro del PC interno: programación de sistemas: hardware a fondo, México D.F. (México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A.), (2007).
- [3] pfSense, «pfSense Open Source Firewall Distribution,» [En línea]. Available: <http://www.pfsense.org/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=43>. [Último acceso: 10 12 2011].
- [4] J. M. Caballero, Redes de banda ancha, (Barcelona, España: Marcombo 1998), (1998).
- [5] E. D. Eric Knipp, Managing Cisco network security, (Rockland, Massachusetts, United States of America: Syngress),(2002).
- [6] J. P. Sarubbi, Seguridad informática Técnicas de defensa comunes bajo variantes del sistema operativo Unix, Luján, (Buenos Aires, República Argentina),(2008).
- [7] P. A. S. P. Axel Buecker, «Understanding IT Perimeter Security,» 9 Junio 2008. [En línea]. Available: <<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/redp4397.html>>. [Último acceso: 05 Marzo 2012].
- [8] M. Kasper, «m0n0wall,» 16 Marzo 2011. [En línea]. Available: <<http://m0n0.ch>>. [Último acceso: Junio 12 2012].



ANÁLISIS FORENSE EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Vladimir Veniamin Cabañas Victoria, Laura Yésica Dávalos Castilla, Melissa Blanqueto Estrada

Universidad de Quintana Roo

Blvd. Bahía Esq. Ignacio Comonfort S/N Col. Del Bosque. C.P. 77019 Chetumal, Quintana Roo Tel
(983) 8350300

{vdrakul, laurad, melissa}@uqroo.mx

Resumen

La informática forense es una disciplina que provee metodologías y herramientas que apoyan a las empresas, organizaciones y personas para analizar y evaluar a fondo la información que circula en equipos, plataformas y sistemas de información. Es el medio por el cual se puede obtener evidencia digital que permita encontrar información estratégica, se obtengan informes concretos y concluyentes que puedan resolver incidentes informáticos.

En este trabajo se realiza una propuesta de análisis forense en dispositivos móviles, con el fin de obtener evidencia digital que permitan determinar información sobre el dispositivo móvil, su uso, la información contenida en éste, para que pueda ser interpretada de manera adecuada y aporte pruebas necesarias en la solución de un problema.

Abstract

Computer forensics is a discipline which provides methodologies and tools to help companies, organizations, and other people both analyze and evaluate thoroughly the information circulating in computers, platforms, and informational systems. It is useful for obtaining digital evidence that may provide strategic information, as well as accurate findings in order to solve computing incidents.

In this paper, we will present a proposal of how to carry out a forensic analysis on mobile devices with the goal of obtaining digital evidence. Therefore, it will be possible to determine relevant information regarding the mobile device; for example, the use these devices are given and the information they contain. This will help us to analyze the information more precisely and provide the evidence required to solve a problem.

INTRODUCCIÓN

Los teléfonos celulares son los dispositivos móviles más utilizados actualmente en todo el mundo. Al igual que las computadoras estos dispositivos han dejado de ser un lujo, pues se han convertido en una necesidad; representan el producto de mayor demanda de tecnología móvil más de 80 millones de líneas de celulares sólo en México (Según datos del registro celular nacional) los cuales son utilizados tanto para fines personales o para la actividad profesional. Sin embargo el clima de inseguridad, violencia y delincuencia organizada que se vive en México, ha generado que el uso de estos dispositivos esté involucrado en actos delictivos y por esa razón surgen analistas que estudian las ciencias forenses y aplican las herramientas y técnicas que permitan la recuperación de la información almacenada en un dispositivo móvil. (Como parte de evidencia digital, o para identificar relaciones de complicidad en las redes del crimen organizado).



Evidencia Digital

La evidencia digital o prueba electrónica es la que permite acreditar hechos a través de los medios de reproducción de la palabra, el sonido y la imagen, así como los instrumentos que permiten archivar y conocer o reproducir palabras, datos, cifras y operaciones matemáticas llevadas a cabo con fines contables o de otra clase, relevantes a un proceso. (1)

Descripción de un teléfono celular

Las funciones que realiza un celular ha dado como respuesta una buena aceptación ante la sociedad ya que estos artefactos que realizan diversas funciones independientemente del modelo o del fabricante; prácticamente todos los celulares soportan los servicios de voz y mensajes de texto, así como un conjunto de aplicaciones básicas como son las siguientes:

- Realizar y recibir llamadas.
- Administrar información personal, (notas, lista de tareas, uso de calendario, alarmas directorio telefónico)
- Buzón de voz.
- Correo electrónico
- Tomar fotos o videos, utilizando una cámara integrada, luego, enviar los archivos a otros dispositivos
- Descargar fotos o imágenes, apoyados por visores de imágenes o reproductores de video
- Otras aplicaciones

Arquitectura de los dispositivos móviles.

Los teléfonos móviles son dispositivos de comunicación portátil que efectúan un conjunto de funciones de capacidades limitadas. Estos dispositivos son diseñados para facilitar la movilidad de los usuarios, por ello se diseñan de tamaño compacto, con baterías de alta eficiencia y de peso ligero la mayor parte de un celular cuentan con un conjunto básico de componentes como lo son un microprocesador, memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), un módulo de radio, un procesador de señal digital, un micrófono y alta voz, una variedad de piezas hardware e interfaces, y una pantalla de cristal líquida (LCD)

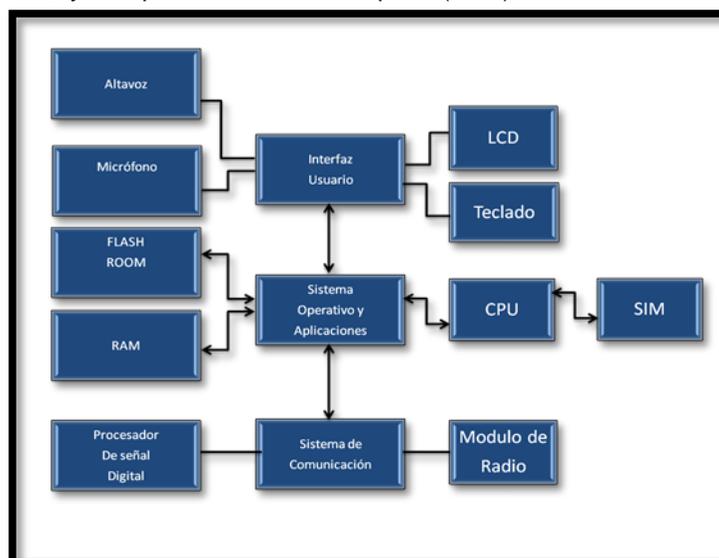


Figura6Arquitectura general equipo móvil



En la figura 1 (2), se puede apreciar algunas partes como la CPU (unidad central de procesamiento) la cual controla los circuitos de comunicación del teléfono, además de controlar la comunicación con el usuario. Como medio de almacenamiento intermedio y a la vez utiliza la RAM esta es utilizada para todo almacenamiento intermedio durante la comunicación y la interacción del usuario. La RAM se puede implementar como un circuito integrado separado o puede ser integrado con el CPU en un único circuito. El teléfono también necesita un medio de almacenamiento secundario no volátil, mostrado como la Flash ROM en la (Figura 1) el cual requiere para almacenar todos los datos relacionados con el usuario y su comunicación, los cuales deben permanecer después de que ocurra una falla en el suministro de energía.

La tarjeta SIM

La tarjeta SIM (ver figura 2) es un tarjeta inteligente (*Smartcard*) utilizada en los equipos de telefonía celular, es obligatorio para redes GSM y sirve para identificarse ante la red.



Figura7 La tarjeta SIM

Los estándares internacionales para estas tarjetas están regulados por la ISO/IEC a través de la familia de normas 7816. Estos estándares definen las propiedades básicas de las tarjetas inteligentes tales como son las características físicas, características de comunicación, datos almacenados, esta norma específica el hardware de la tarjeta y el chip así como los mecanismos y propiedades de las aplicaciones y sistemas operativos para las tarjetas inteligentes, además de los aspectos informáticos asociados(3)

En la SIM es posible encontrar varios elementos de evidencia digital por ejemplo, contactos, mensajes de texto, entre otras cosas etc. El uso de ésta es obligatorio en las redes GSM Su equivalente en las redes UMTS se denomina USIM. Las tarjetas SIM están disponibles en dos tamaños. El primero es similar al de una tarjeta de crédito (85,60 x 53,98 x 0,76 mm). El segundo y más popular es la versión pequeña (25 x 15 x 0,76 mm). La tarjeta también posee información independiente a la del sistema operativo del teléfono y la información que suele contener es:

- IMSI (Clave identificativa para cada dispositivo en el sistema), información sobre idiomas preferidos,
- Información sobre la localización: La SIM guarda la última área en donde el dispositivo se registró ante el sistema.
- MSISDN: el cual puede ser usado para recuperar las llamadas originadas por el usuario a otros números de teléfono.
- Información sobre el tráfico SMS: Es posible leer mensajes enviados y recibidos fuera de la tarjeta SIM y saber si fue leído o no cada mensaje
- Información sobre el proveedor: Es posible obtener el nombre del proveedor y la red celular comúnmente usada para la comunicación, junto con las redes que están prohibidas para el dispositivo.



Dado que en México no se tienen claros avances de las metodologías en la informática forense, se desarrolla a continuación esta investigación a través del Internet, reportes y documentos relacionados para ello se tomó en cuenta como referencias las siguientes: NIJ *National Institute of Justice Washinton DC* y la siguiente referencia de la NIST *National Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos*

METODOLOGÍA

La informática forense sobre equipos móviles utiliza una amplia gama de técnicas y herramientas para la recaudación de la información digital almacenada en estos dispositivos, en esta investigación se empleará un análisis y un modelo de evaluación entre las diversas metodologías que existen para la recuperación de la información llamada evidencia digital almacenada en estos dispositivos. La metodología estándar tiene como finalidad los siguientes objetivos:

- **Determinar:** la problemática real
- **Identificar:** todo tipo de registro guardado en un celular para usarla como evidencia digital
- **Establecer:** un proceso para el estudio de los dispositivos móviles
- **Dar seguimiento y control:** Al estudio realizado dar presentación de los hallazgos, y custodia de la evidencia digital en el proceso judicial correspondiente.

Para análisis forense, la investigación se divide en las siguientes fases:

1. **Identificación de la escena del crimen:** en esta fase se hace el reconocimiento del incidente con el objetivo de identificar el tipo de crimen. Es primordial tener precauciones para evitar la contaminación de la escena de esta fase en adelante.(4)
2. **Preparación:** en esta fase se realiza la preparación de herramientas, técnicas, órdenes de registro y autorizaciones para acceder a la escena del crimen (5).
3. **Preservación de la escena del crimen:** en esta fase se realiza el aislamiento de la evidencia física y digital del mundo externo, es decir, de personas no autorizadas y dispositivos electromagnéticos.(5)
4. **Recolección de la evidencia:** en esta fase se realiza la recolección de toda la evidencia encontrada en la escena del crimen, empezando por la más volátil hasta la menos volátil, es importante que al momento de realizar la inspección de (los) equipo (s) evitar alterar cualquier variable ya que un cambio a la vista insignificante podría invalidar todo el proceso de investigación en un proceso judicial. Por otro lado la recolección debe ser realizada mediante herramientas especializadas y certificadas por los especialistas en materia de análisis forense con el objetivo de evitar modificaciones en las fechas de acceso y en la información del registro del sistema. (6)(7) (8)
5. **Preservación de la evidencia:** es importante que durante todo el proceso de investigación forense la evidencia conserve sus propiedades con las que fue recolectada para evitar que pierda su valor de carácter legal, por lo tanto, es primordial realizar toda la investigación sobre copias exactas de la evidencia obtenida en la escena del crimen, comprobando periódicamente la integridad de dicha copia. Por otro lado es necesario



actualizar la cadena de custodia de la evidencia cada vez que esta cambie de responsable, este documento debe contar con la información de donde, cuando y quien manejo la evidencia, quien la custodia y en donde esta almacenada. (6)(7) (8)

6. **Análisis de la evidencia:** el objetivo de esta fase es lograr identificar como fue efectuado el ataque, cual fue la vulnerabilidad explotada y en lo posible identificar al atacante, para lograr lo anterior es necesario reconstruir la secuencia temporal del ataque, para lo cual se debe recolectar la información de los archivos asociados, marcas de tiempo, permisos de acceso y estado de los archivos.(8).
7. **Presentación del informe forense:** Finalmente culmina la investigación y en este paso se presentan los resultados por parte del investigador sobre su búsqueda y análisis de los medios, lo que se encontró en la fase de análisis de la evidencia, así como información puntual de los hechos y posibles responsables. Debido al rigor que requiere una investigación de este tipo, cada movimiento por parte del investigador o su equipo de trabajo se debe documentar hasta que se resuelva o se dé por concluido el caso. Esta documentación se debe llevar a cabo por medio de formularios que hacen parte del proceso estándar de investigación, entre los cuales se encuentran el documento de custodia de la evidencia, el formulario de identificación de equipos y componentes, el formulario de incidencias tipificadas, el formulario de recogida de evidencias y el formulario de medios de almacenamiento (9)

Todos estos pasos deben observarse para tratar de garantizar las siguientes características:

- **Admisibilidad:** toda evidencia recolectada debe ajustarse a ciertas normas jurídicas para presentarlas ante un tribunal.
- **Autenticidad:** la evidencia debe ser relevante al caso, y el investigador forense debe estar en capacidad de representar el origen de la misma.
- **Compleitud:** la evidencia debe contar todo en la escena del crimen y no una perspectiva en particular.
- **Fiabilidad:** las técnicas usadas para obtener la evidencia deben gozar de credibilidad y aceptadas en el campo en cuestión, evitando dudas sobre la autenticidad y veracidad de las evidencias.
- **Entendimiento y Credibilidad:** se debe explicar con claridad y pleno consentimiento, que proceso se siguió en la investigación y como la integridad de la evidencia fue preservada, para que ésta sea comprensible y creíble en el tribunal.

Esta metodología concuerda con la propuesta del NIST la cual ha desarrollado documentos con una amplia discusión sobre el proceso forense en equipos de telefonía celular. Entre los diversos temas presentan un marco de trabajo para realizar el proceso de investigación digital que involucre la participación de un equipo de telefonía móvil: **1.Preservación, 2. Adquisición, 3. Inspección y análisis, 4. Reporte**



1. DESARROLLO

3.1 Analizando una tarjeta SIM

Lo fundamental es disponer de un lector de tarjetas (Como el que se muestra en la Figura 3) en este caso se eligió por su compatibilidad y disponibilidad en el mercado se adquirido a un costo de \$ 2.100.00 enviado desde la Ciudad de Austin Texas, dispositivo que es compatible con los controladores PC/SC.



Figura 8 Omnikey

Las características son las siguientes:

- Dispositivo de lectura y escritura por USB
- Busca, edita, añade y borra entradas de la tarjeta SIM
- Permite hacer copias de seguridad
- Permite manejar los PIN's
- Exporta la libreta de direcciones a Outlook, MS Office
- Software de exploración de archivos

En esta ocasión para obtener información de la **SIM** se utilizará MOBILedit! En la versión 5.0.2.1015, y el resultado se muestra en la (figura 4)

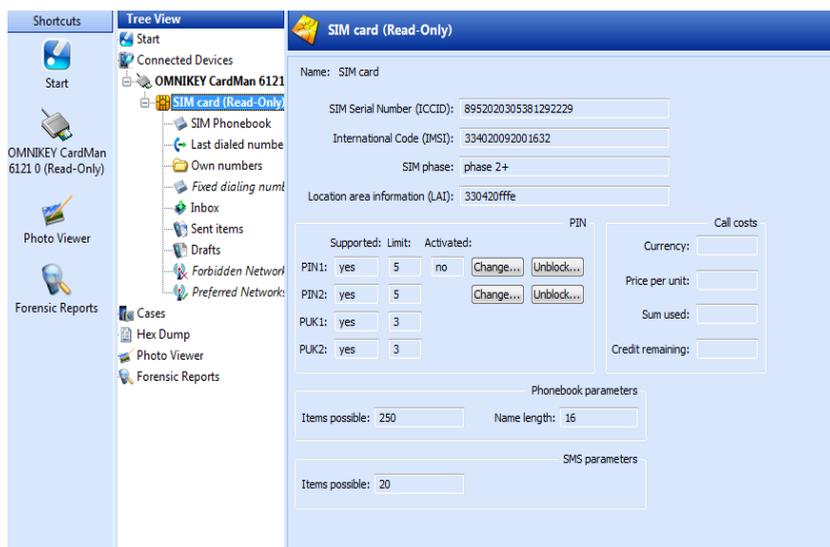


Figura9 Leyendo SimCard



En figura 7 se puede cambiar o deshabilitar el acceso a las contraseñas o PIN's. A simple vista se puede observar (IMSI) de la SIM (Ver figura 4), que es Clave identificativa para cada dispositivo en el sistema, las tarjetas SIM se identifican en sus redes móviles individuales mediante un IMSI único. Los operadores de telefonía móvil conectan las llamadas a teléfonos móviles y se comunican con sus tarjetas SIM comercializadas usando su IMSI.



Figura10 SIM

En la figura 5 se puede notar la ICCID (*International Circuit Card ID*, Identificador Internacional de la Tarjeta de Circuitos por sus siglas en inglés). Los ICC-IDs se almacenan en las tarjetas SIM y también se graban o imprimen sobre el cuerpo de plástico de las mismas en un proceso de personalización. Además, cada ICC cuenta con un número de identificación personal de 19 dígitos.

En la figura 6 se observa la lista de contactos SIM que se almacena

The screenshot shows a forensic software interface with three main panes. On the left is a 'Shortcuts' pane with icons for Start, OMNIKEY CardMan 6121 0 (Read-Only), Photo Viewer, SIM card SIM Phonebook, and Forensic Reports. The middle pane is a 'Tree View' showing a hierarchy of files: Start, Connected Devices, OMNIKEY CardMan 6121 0 (Read-Only), SIM card (Read-Only), SIM Phonebook, Last dialed numbers, Own numbers, Fixed dialing numbers, Inbox, Sent items, Drafts, Forbidden Networks, Preferred Networks, Cases, Hex Dump, Photo Viewer, and Forensic Reports. The 'SIM Phonebook' file is selected. On the right is a 'SIM Phonebook' table with columns for Index, Name, and Number.

Index	Name	Number
181	- Mutu;Shirley/1	9831030195
1	Aguayo/1	9831355286
172	Aguayo;Wilbert/1	9831167372
2	Airia/1	7224322340
200	Aldecu;Ricardo/1	9837325857
140	Alejandra/1	9831360121
20	Alma1;Casa/1	1271065
143	Alma1;Casa/2	9831271065
122	Alvarez;Kaly/1	2741013537
126	Alvarez;Kaly/1	2741013537
127	Alvarez;Kaly/2	2747431872
3	America/1	6141151007
5	Anacristina/1	9831349686
189	Anacristina/1	9831349686
190	Anacristina/2	9838344519

Figura11Contactos SIM

En la Figura 7 se identifica una lista de números de los últimos números marcados por el usuario

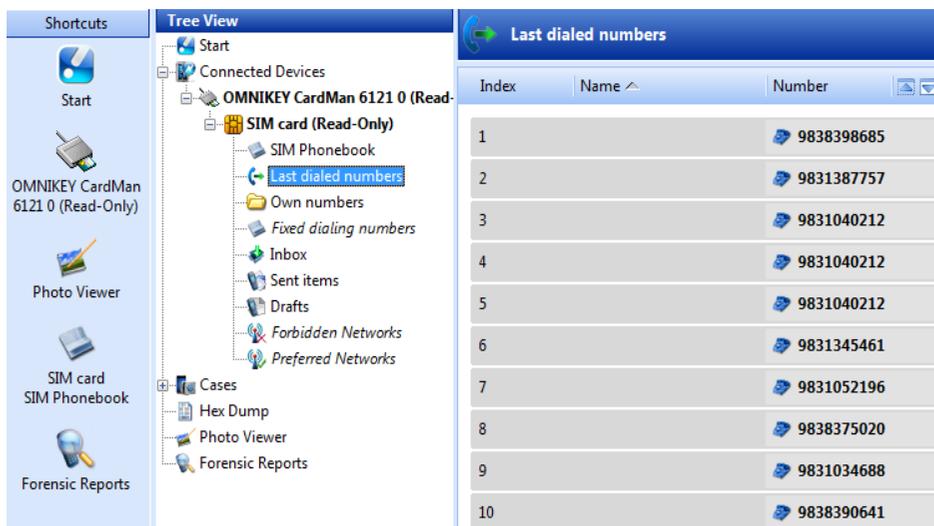
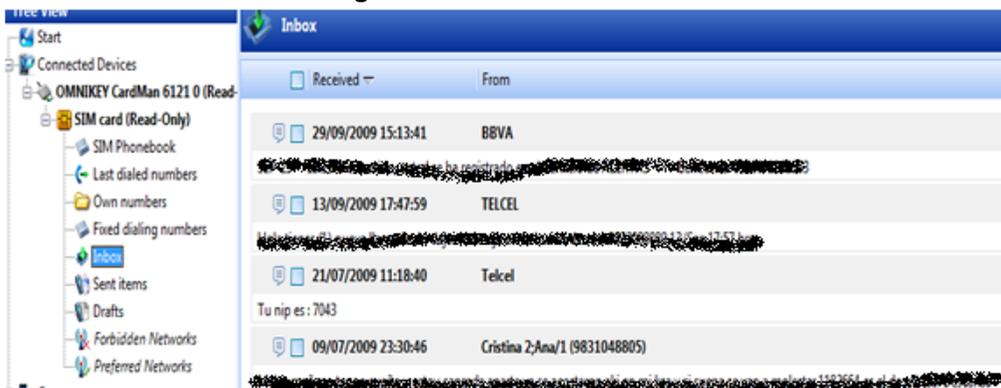


Figura12 Números Marcados



En la (figura 8) se identifica información recibida en la bandeja de entrada como hora y fecha del SMS de la SIM

Figura13 Mensajes guardados SIM

En la (figura 9) se identifica SMS enviado por el usuario hacia otro dispositivo móvil

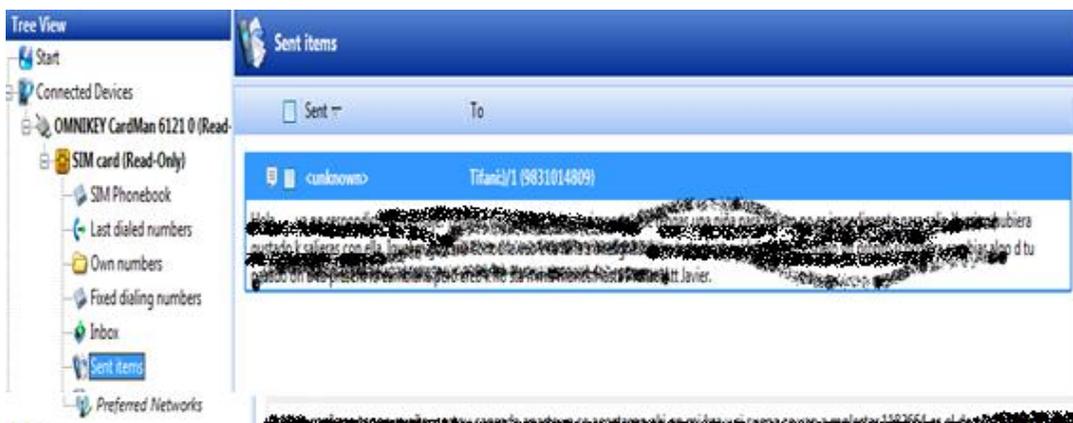


Figura 14 Mensaje enviado SIM



Nota: este software está considerado dentro de la gama de herramientas forenses consultados y recomendados por compañías que se dedican al trabajo del análisis forense informático esto es solo una muestra para abrir el camino al campo de la seguridad de la información. Dicha información puede ser usada para fines legales

2. CONCLUSIONES

Debido a la creciente necesidad de aportes para el campo de la informática forense en dispositivos móviles, se realizó este trabajo de investigación principalmente sobre los dispositivos que operan en redes de telecomunicaciones GSM. La investigación realizada da a conocer diversas metodologías que existen y las formas de estudiar un dispositivo móvil, permitiendo conocer los sistemas operativos que los rigen, la arquitectura y los dispositivos que la componen, se observó que dichas metodologías existentes permiten la incautación de la información digital en un dispositivo móvil.

Se priorizó estudiar la SIM's componente principal de un dispositivo GSM en donde se almacena información fundamental de registros antiguos entre los cuales destacan las llamadas y mensajes eliminados de un dispositivo móvil.

La metodología aplicada dio el resultado esperado, se obtuvo la evidencia digital, aunque no se descarta la posibilidad de utilizar otra metodología o herramienta requerida para el estudio de esta ciencia, ya que no existe un solo método para aplicación de la misma, dentro del marco de análisis forense de las SIM cada método existente sugiere realizar un reporte, o informe detallado de la información recabada durante el estudio realizado, con el fin de tener la presentación de los resultados.



REFERENCIAS

- [1]Nava Garcés A. (2011). La prueba electrónica en materia penal.
- [2]Santes Galvez L. (2009) Propuesta de Metodología de Análisis Forense para dispositivos de telefonía celular. Tesis
- [3]Dizaym, M.. (2011). Forensics Projects
- [4] International Organization on Computer Evidence.. (2011). Guidelines for best practice in the forensic examination of digital technology
- [5] Reith, M., Clint, C., Gunsch G.: An Examination of Digital Forensic Models. International Journal of Digital Evidence, Air Force Institute of Technology, Volume 1 Issue 3(2002)
- [6] Brezinski, D. Killalea. Guidelines for Evidence Collection and Archiving. IETF RFC 3227. (2002)
- [7] Meyers, M., Rogers, M.: Computer Forensics: The Need for Standardization and Certification. International Journal of Digital Evidence, CERIAS, Purdue University, Volume 3 Issue 2. (2004)
- [8] Delgado, M.: Análisis Forense Digital. Hackers y Seguridad, 2nd ed. (2007)



ANÁLISIS PARA EL RECONOCIMIENTO DE ESCENARIOS EN 3D UTILIZANDO KINECT

Ernesto Ramírez García, Rubén Antonio Gallegos, Norma Hildelisa Jiménez Alor, Alberto Israel Castellanos Reyes.

Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos

eramgar@hotmail.com, antonio_gallegos_ruben@hotmail.com, njalor@hotmail.com, jefatura_division_inf@live.com.mx

Resumen

La visión por computadora tiene como objetivo plantear decisiones a partir de características del mundo real extraídas a través de imágenes digitales. Para ello, es esencial el reconocimiento de patrones con base a información estadística extraída de los mismos. Los patrones a clasificar suelen ser grupos de medidas u observaciones, definiendo puntos en un espacio multidimensional apropiado.

Un sistema de reconocimiento de patrones incluye un sensor que recoge las observaciones a clasificar, un sistema de extracción de características que transforma la información en valores simbólicos y un sistema de clasificación o descripción que, basado en las características extraídas, clasifica la medición.

En este proyecto se implementó el entorno de desarrollo de OpenCV con la integración del sensor Kinect y la librería OpenKinect que permite la transmisión en tiempo real de las imágenes en 3D, esto se logra programando código C++ optimizado, y aprovechando las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo.

Keywords: Visión por computadora, OpenCV, OpenKinect, Cámara Estereoscópica

Abstract-- The computer vision aims to raise decisions from real-world features extracted through digital images. It is therefore essential pattern recognition based on statistical information extracted from the patterns. Classify patterns are usually groups of measurements or observations, defining points in an appropriate multidimensional space.

A pattern recognition system which includes a sensor to classify observations, a feature extraction system which transforms the information into symbolic values, and classification or description, based on the extracted features, classifies measurement.

This project implements development environment OpenCV with sensor integration, Kinect and the library OpenKinect that allows real-time transmission of images in 3D, this is achieved by programming C++ code optimized, and leveraging the capabilities provided processors multicore.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos y las aplicaciones en reconocimientos de escenarios en la actualidad ha sido poco estudiada y aplicada; el propósito de nuestro proyecto es programar una computadora que apoyándose de una cámara sea capaz de procesar escenas o características de imágenes. Para el procesamiento de imágenes existen varias librerías creadas en diversos lenguajes de programación, las cuales proporcionan herramientas necesarias para desarrollar aplicaciones de visión por computadora; las alternativas más usadas son JavaVis y OpenCV.

Un sistema de reconocimiento de patrones completo consiste en un sensor que adquiere las observaciones a clasificar, un sistema de extracción de características que transforma la información observada en valores numéricos o simbólicos, y un sistema de clasificación o descripción que, basado en las características extraídas, clasifica la medición.

El desarrollo en los últimos años en el área de procesamiento de imágenes y visión por computadora, ha motivado el surgimiento de bibliotecas de desarrollo gratuitas que permiten tener



una base sólida a partir de la cual realizar nuevos desarrollos, creando aplicaciones y haciendo uso de dispositivos económicos de reconocimiento en 3D.

Por lo tanto, el reconocimiento y procesamiento de escenarios para detección de imágenes en 3D, puede ofrecer grandes ventajas según el área a la que se dirija, a partir de un análisis de profundidad-escala de imágenes y validación de patrones en tiempo real.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tecnologías a utilizar

OpenCV es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas. [3].

OpenCV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica.

En el proyecto se logró proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se consiguió, realizando programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo los cuales han sido utilizados para las pruebas. [2].

OpenCV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel. [3].

Algunos casos de éxito utilizando OpenCV son el sistema de visión del vehículo no tripulado Stanley de la Universidad de Stanford, y el ganador en el año 2005 del Gran desafío DARPA, también se ha usado en sistemas de vigilancia de vídeo, así como ser la clave en el programa Swistrack, una herramienta de seguimiento distribuida.

2.2 OpenKinect

Es una librería de software llamada libfreenect que incluye todo el código necesario para activar, inicializar y comunicar los datos con el hardware de Kinect. Esto incluye los controladores y una API multiplataforma que funciona en Windows, Linux y OS X. [1].

La API tiene enlaces y extensiones de los lenguajes y/o plataformas:

- C
- C + +
- .NET (C # / VB.NET)
- Java (JNA y JNI)
- Python

Esta biblioteca es la encargada de comunicarse con el API OpenKinect y analizar la información en bruto en abstracciones más útiles. El núcleo inicial de esta biblioteca ha sido adaptada para que sea totalmente funcional en relación con los siguientes casos y usos aplicaciones a:

- Rastreo de extremidades (brazos, piernas)
- Seguimiento esquelético
- Procesamiento profundidad en 3D
- Aislamiento de audio ambiental
- Punto de generación de patrones
- Movimiento inercial de seguimiento con uso del acelerómetro



- Reconstrucción en 3D
- Aceleración del procesamiento en GPU

Las cámaras estereoscópicas tratan de emular la manera en que los seres humanos percibimos imágenes, éste tipo de cámaras están compuestas de dos objetivos.

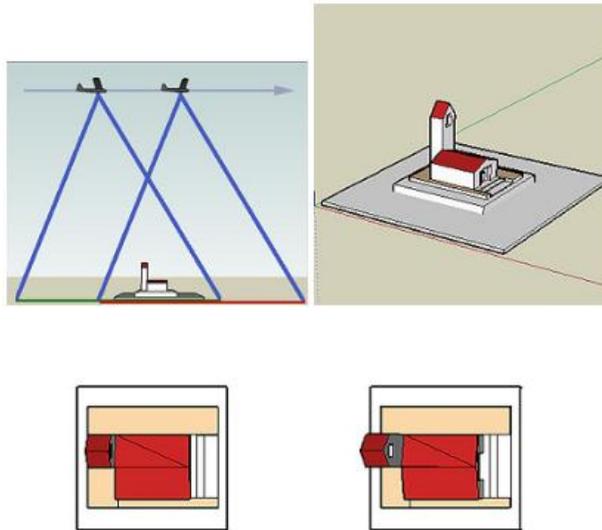


Figura 1. Tecnologías para obtención de imágenes con información 3D

Cámaras Time-of-Flight (ToF): Estas cámaras calculan la distancia a la que se encuentra cada pixel en la imagen midiendo el tiempo de retardo de una señal de luz lanzada desde la cámara al objetivo. [4].

Cámaras basadas en luz estructurada: Se basan en la proyección de un patrón lineal sobre la escena a observar, las deformaciones que este patrón tenga en la escena determinan la profundidad de los elementos que componen la imagen.

La Primesensor de Primesense proyecta un patrón infrarrojo conocido en la escena, que permite determinar medidas de profundidad de cada pixel en una imagen a color con el análisis de la deformación de dicho patrón (cámara que detecta luz infrarroja). La resolución de esta cámara es de 640x480 pixeles a 30 cuadros por segundo, con un campo de visión de horizontal de 57º, vertical de 43º y un rango de distancia de 40 centímetros a 6 metros.[4].

OpenNI permite realizar la extracción de esta información de manera automática en cámaras basada en la tecnología de proyección de luz estructurada. [3].

La metodología de descripción planteada queda con los siguientes pasos bien definidos:

1. Detectar puntos de interés con FAST.
2. Asociar un tamaño de vecindario (en pixeles) a cada punto de interés detectado a partir de un análisis profundidad-escala.
3. Depurar puntos detectados eliminando aquellos con vecindarios inestables.
4. Normalización ante cambios de perspectiva por medio del análisis de información 3D del vecindario de cada punto
5. Describir los puntos de interés detectado y su vecindario normalizado como en SIFT. [4].

3. RESULTADOS

Para la integración de OpenCV se tuvo que hacer uso de varios sistemas operativos con la finalidad de identificar el más óptimo para comenzar las pruebas. Los sistemas operativos que fueron probados son los siguientes:

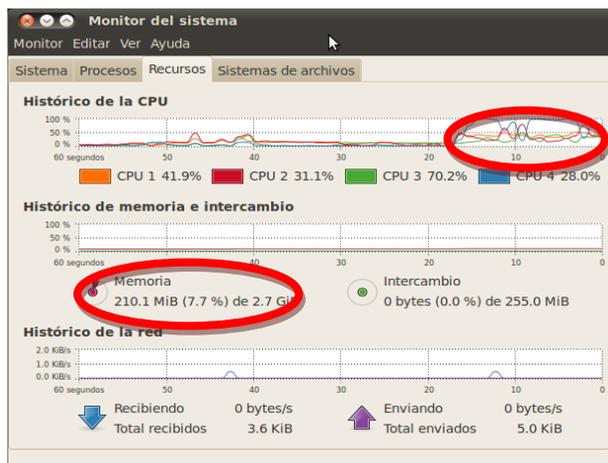


- Debian Lenny 6.0
- Debian Squeeze 7.0
- Windows 7
- Ubuntu Lucid Lynx 10.04
- Ubuntu Precise Pangolin 12.04

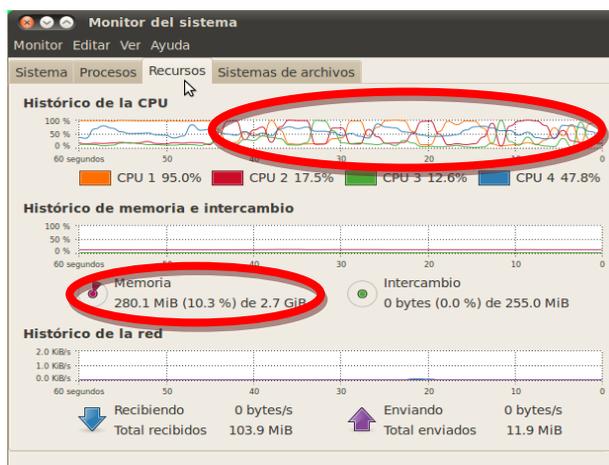
Tabla I

Sistema Operativo	Resultado de la Prueba		
	Fallida	Funcional*	Exitosa
Debian Squeeze 6.0	X		
Debian Wheezy 7.0		X	
Windows 7	X		
Ubuntu Lucid Lynx 10.04		X	
Ubuntu Precise Pangolin 12.04			X

Tabla I. En la tabla se muestran los resultados obtenidos en los diferentes sistemas operativos. Lo que se evaluó en las pruebas fue rendimiento en el sistema operativo, optimización de recursos (procesamiento, memoria) y soporte por parte del proveedor de software.

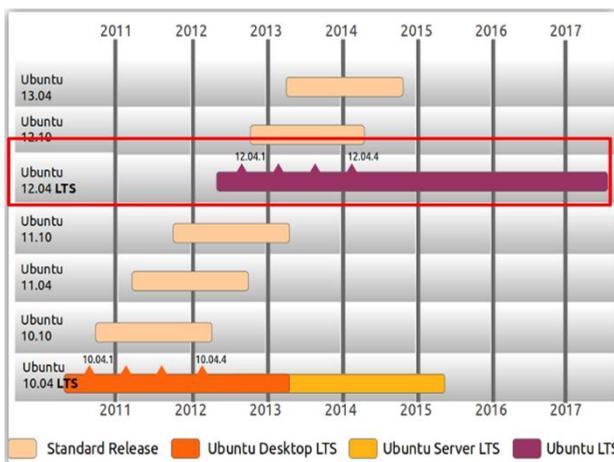


1. Ejecución de FRENECT-GLVIEW (Cámara RGB e Imagen 2D).



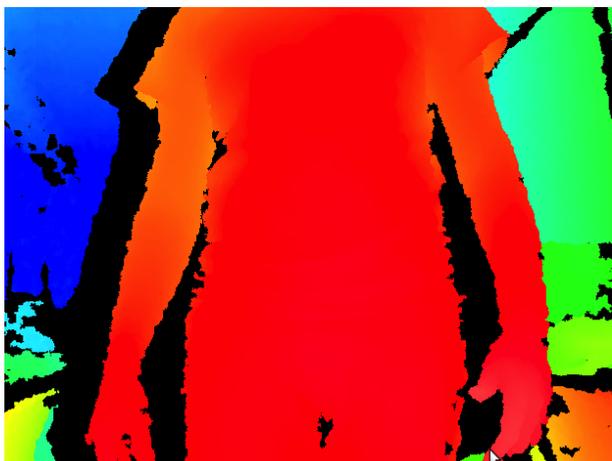
2. Ejecución de FREENECT-GLCPLVIEW (Sensor de profundidad imagen 3D)

A pesar que en Ubuntu Lucid Lynx 10.04* y Debian Wheezy 7.0 se tuvo una respuesta correcta a las pretendidas decidimos utilizar Ubuntu Precise Pangolin 12.04 ya que el soporte de Ubuntu 10.04 se terminará en 2 meses y Debian Wheezy 7.0* actualmente se encuentra en versión alpha, por lo se decidió usar al versión 12.04 liberada en abril del 2012 la cual nos brinda lanzamientos LTS lo cual significa que contará con actualizaciones de seguridad de paquetes de software por un período de tiempo extendido de 5 años.

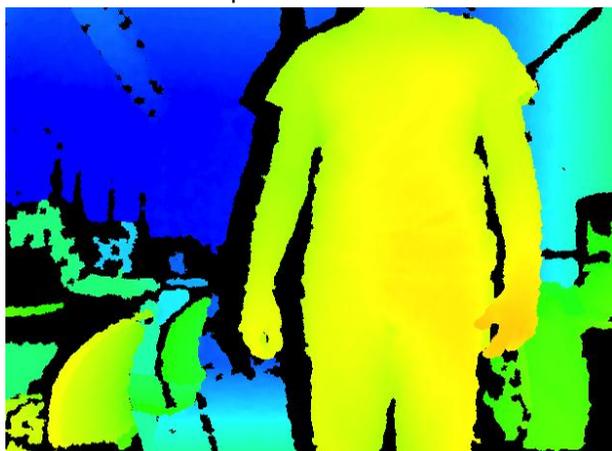


3. Periodo de licenciación de sistema operativo Ubuntu.

Haciendo uso de la cámara RGB-D del Kinect se obtuvo información de profundidad la cual se analizó para determinar la distancia a la que se encuentra los elementos de la imagen, así como la posición en coordenadas tridimensionales con referencia a la posición de la cámara.



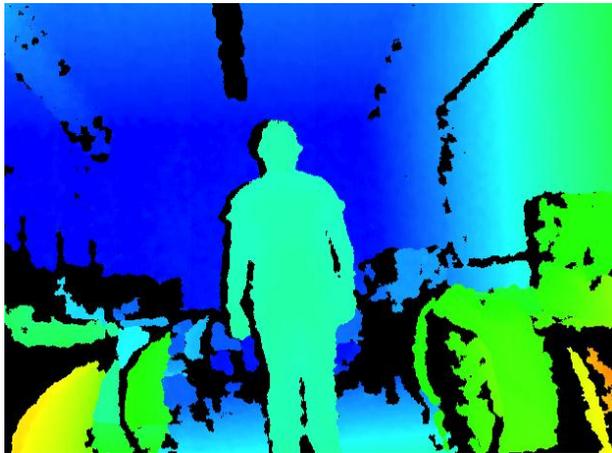
4. Pruebas de profundidad a 30cm con luz.



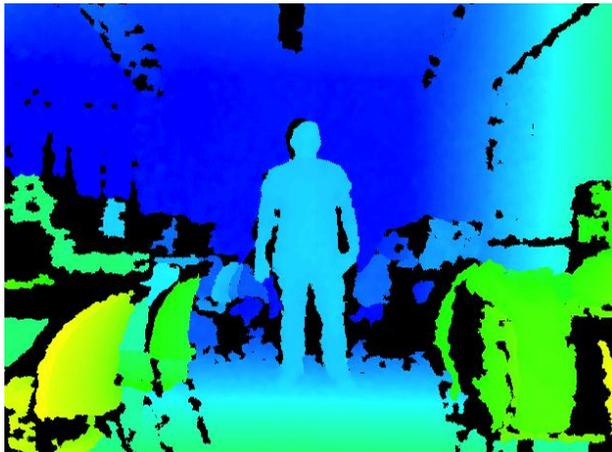
5. Pruebas de profundidad a 70cm con luz.



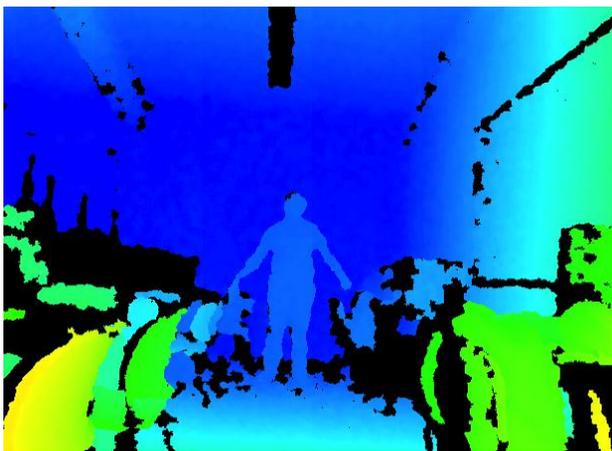
6. Pruebas de profundidad a 1m con luz.



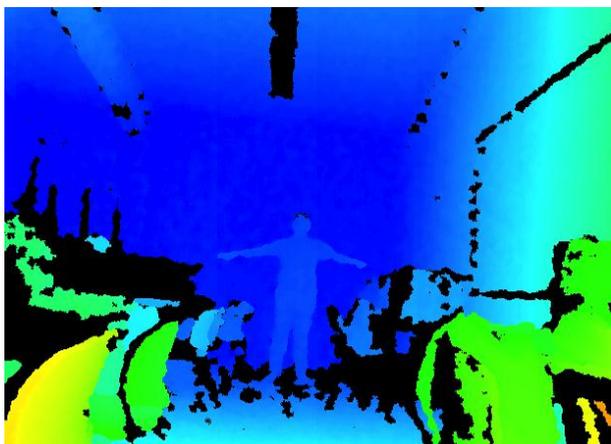
7. Pruebas de profundidad a 1.5m con luz.



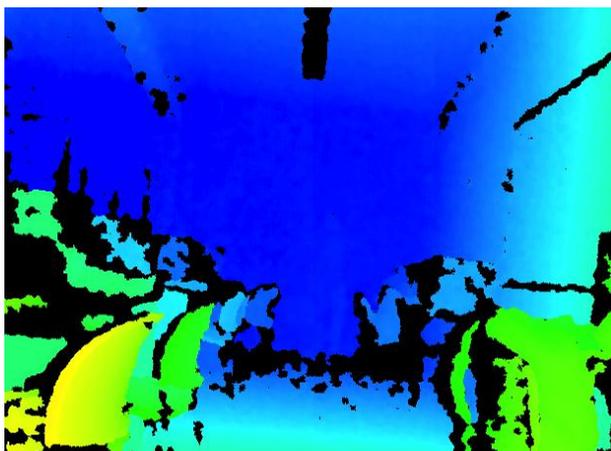
8. Pruebas de profundidad a 2m con luz.



9. Pruebas de profundidad a 3m con luz.



10. Pruebas de profundidad a 3.5m con luz.

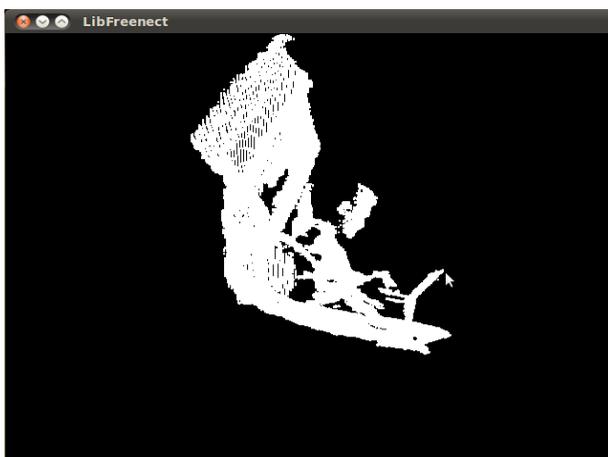


11. Pruebas de profundidad a 4.5m con luz.

La descomposición del escenario en puntos utilizando el sensor de rayos infrarojos, es considerada el inicio de la identificación de la cantidad de puntos y la profundidad de los objetos, con estas pruebas obtendremos la proximidad y profundidad de objetos.



12. Mapeo de puntos a color.



13. Mapeo de puntos en blanco y negro.

4. CONCLUSIONES

El reconocimiento de imágenes en 3D y la descomposición basada en factores tales como, profundidad y escala, permite determinar el comportamiento de un escenario, sustentado en patrones de información en 3D. Para ello, se estudiaron diversas librerías (OpenCV y OpenKinect) para el manejo del Kinect, así como literatura relacionada con reconocimiento con imágenes convencionales necesaria para construir un sistema inicial que evidenciará los puntos más débiles y más fuertes del reconocimiento que se ha denominado como 2D.

Con la aparición de dispositivos como el Kinect en el mercado ha marcado y puesto una revolución en el mundo de la visión por computadora, por su factibilidad económica y sobre todo su capacidad para extraer en tiempo real el mapa de profundidad de un escenario, todo esto ha impulsado varios proyectos de investigación.

Este estudio ha dado lugar a atestiguar que los puntos donde más diferencia ha marcado el uso de técnicas 3D han sido la segmentación de la imagen a analizar y la jerarquización en las comparaciones entre descriptores de imágenes. Sin las técnicas 3D el proceso de segmentación no alcanzaría los niveles de rendimiento obtenidos, ya que sería mucho más costoso eliminar el plano de fondo correspondiente al suelo o una superficie plana.

En cuanto a la jerarquización del sistema de evaluación de similitud, esta ha sido posible gracias al descriptor de forma 3D, ya que es aplicable a todos los objetos, todos tienen forma, y es lo suficientemente discriminante como para poder descartar rápidamente la mayoría de objetos, dejando como candidatos un pequeño porcentaje del total.

El resultado de la investigación sin duda, da lugar a que trabajos futuros puedan implementar el reconocimiento de escenarios a través de imágenes en 3D en un entorno laboral, sin embargo se deberá considerar que la obtención de la imagen fue en función de emular la manera en que las personas percibimos imágenes, calculando la distancia a la que se encuentra cada pixel en la imagen y basada en observar una escena, determinando la profundidad de los elementos que componen la imagen.



REFERENCIAS

1. Comunidad OpenKinect (2010). *Bienvenido al proyecto OpenKinect*. [ONLINE] Available at: http://openkinect.org/wiki/Main_Page/es. [Last Accessed 25 de Octubre 2012].
2. Comunidad OpenCV (2012). *Welcome*. [ONLINE] Available at: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>. [Last Accessed 30 de Octubre].
3. Gary, A.K., 'Overview'. In: O'REILLY (ed), *Learning OpenCV*. 1st ed. United States of America: pp.1-3, (2008).
4. Pacheco, O.A., *Adecuación de Técnicas de Descripción Visual Utilizando Información 3D y su Aplicación en Robótica*. 1st ed. México, (2011).



ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL EDUCATIVA PARA NIÑOS HIPOACÚSICOS

Citlali Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Roger Issac Bartolo Alarcón, Isael Mundo Álvarez, Rafael Cruz Reyes, Ricardo Manuel Maya Iglecias

Instituto Tecnológico de Toluca

Av. Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen, Metepec, Edo. de México, México C.P. 52149
citlalihg@ittoluca.edu.mx, sdiaz@ittoluca.edu.mx, roger_isaac_bartolo_alarcon@hotmail.com,
renil_55@hotmail.com, rcruzrey@gmail.com, ricardommay@hotmail.com

RESUMEN

En la actualidad existe gran variedad en métodos de enseñanza para niños capaces y activos, no obstante, éstos pueden ser mejorados notablemente haciendo uso de la tecnología actual y ser utilizada como una herramienta educativa potencial. Esto incrementa el éxito en la educación y en los métodos de enseñanza, al concebir aplicaciones móviles y programas de software gratuitos o de bajo costo.

No obstante, al realizar una investigación sobre las aplicaciones existentes en el mercado, los resultados revelan que en la práctica existen muy pocas aplicaciones pedagógicas, entre los temas directrices de las aplicaciones existentes se encuentran el abecedario, los números y los animales.

Este trabajo se centró en analizar y diseñar una aplicación educativa pedagógica para dispositivos móviles enfocada a niños hipoacúsicos, de primer grado de primaria en la asignatura de Español, y que incorporará los planes de estudio de primer grado de nivel básico, definidos por la Secretaría de Educación Pública (SEP).

El resultado de este trabajo sirvió como base para el desarrollo de Software Educativo, que cumple los estándares de un producto de calidad, innovador y de costo accesible.

ABSTRACT

Actualy there is great variety in teaching methods for children able and active; however, these can be improved significantly by making use of current technology and be used as an educational tool potential. This increases the success in education and in the methods of teaching, designing mobile applications and software programs free or low-cost.

However, when making a research on the existing applications on the market, the results reveal that in practice there are few pedagogical applications, among the issues guidelines applications existing are the alphabet, numbers and animals.

This work was focused on analyze and design an educational pedagogical application for mobile devices focused to deaf children, in first grade of Spanish course, and that incorporated the study plans of first degree of basic level, defined by the Secretariat of Public Education (SEP).



The result of this work served as the basis for the development of educational software, which meets the standards of a quality product, innovative and the available cost.

1. INTRODUCCIÓN

La forma de enseñanza para niños actualmente puede ser mejorada notablemente con la implementación de nuevas tecnologías. Cada vez es más común observar niños de muy corta edad haciendo uso de teléfonos móviles, tablets y dispositivos de última generación, con los que además se divierten e interaccionan de manera natural y rápida. La mayoría de estos dispositivos tiene características que permiten la ejecución de aplicaciones con un potencial interesante, que puede ser utilizado como una herramienta educativa.

El creciente interés de los consumidores por adquirir tecnología de punta presenta una excelente área de oportunidad, asimismo ofrecen la característica de fácil uso, lo que resulta extraordinariamente sencillo y atractivo para los niños.

Gracias a este tipo de tecnología, ha sido posible que las aplicaciones y programas gratuitos (o de bajo costo) existentes y características específicas (según las necesidades de los niños), vaya en aumento, facilitando con esto las posibilidades de educación y de que cada vez más usuarios puedan acceder a ellas.

Existe un estudio realizado por iLearn II publicado por el centro Joan Ganz Cooney [1], que en su versión 2007 describía a la televisión como una herramienta de pedagogía por las ventajas y características que en su tiempo ofrecía, ahora en su edición 2012 expone algunas de sus ideas para desarrolladores y educadores en relación a las aplicaciones móviles infantiles educativas, siendo de las más cuestionadas por su importancia, una de las que mayor auge y porcentaje de ventas están teniendo en la App Store.

Mientras que el número de aplicaciones educativas para adultos están disminuyendo del 57% al 40%, sin en cambio el porcentaje de aplicaciones para los niños ha aumentado en todas las categorías de edad. La cantidad de ebook para escolares de secundaria también ha aumentado en un 14% en este mismo periodo [2].

El trabajo de investigación que aquí se describe se centró en analizar y diseñar una aplicación educativa para dispositivos móviles enfocada a niños hipoacúsicos, pedagógica, de primer grado de primaria para la asignatura de español, que además incorporara los planes de estudios de primer grado de nivel básico, definidos por la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Para formalizar este estudio se determinó que la plataforma de desarrollo de la aplicación fuera el sistema operativo Android, gracias a las ventajas que proporciona, entre las cuales destacan:

- Acceso a módulos sin la necesidad de crear un módulo propio, únicamente otorgando los privilegios necesarios, esto implica un ahorro considerable de tiempo y esfuerzo.
- Posibilidad de instalar Android prácticamente en todo tipo de dispositivos, sean móviles o portátiles.
- El hecho de que Android esté liberado con licencia Apache y código abierto, lo convierte en un sistema operativo totalmente libre y con opción a modificar su código o mejorarlo.



Bajo estas consideraciones, este artículo describe cómo se deben gestionar los procesos de análisis y diseño de una aplicación Móvil Educativa, para Niños Hipoacúsicos, haciendo uso de técnicas de Inteligencia Artificial y siguiendo las recomendaciones y Metodologías de la Ingeniería de Software.

Como resultado del análisis y diseño de la aplicación Móvil Educativa, se generaron los diagramas de Ingeniería haciendo uso de los estándares SysML, BPMN y UML, cada uno vinculado a plantillas descriptivas. Con esta documentación se realizó una propuesta del diseño virtual de la aplicación y se desarrolló el primer módulo del prototipo físico de la aplicación, que integra la evaluación de la pronunciación de niños con Hipoacusia, la cual cubre diversos criterios didácticos y de enseñanza-aprendizaje, así como técnicas computacionales y de Inteligencia Artificial, la que en esta primera versión fue diseñada exclusivamente para el análisis del audio grabado con una interfaz.

2. APLICACIONES MÓVILES SIMILARES

En el ámbito de las aplicaciones móviles siendo un área prácticamente nueva con un amplio campo de usuarios gracias al desarrollo de los llamados Smartphone, teléfonos con capacidades que pueden ser aprovechadas para el desarrollo de aplicaciones que ayuden al aprendizaje.

Como principales exponentes podemos encontrar las siguientes aplicaciones disponibles en Google Play.

Tracing Abc

Ofrece una manera divertida para que los niños en edad preescolar aprendan a escribir el abecedario y los números, y puedan asimilar las letras y números sin tener aún las habilidades motoras de más difícil localización. También apoya el rastreo de letras mayúsculas, letras minúsculas, números y formas varias, la manera de interacción con el usuario se puede decir Press Play [3].



ABC letters



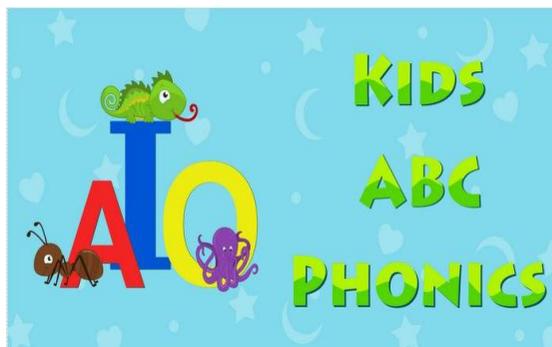
Aplicación optimizada para los teléfonos y tabletas electrónicas, recomendado para niños de 3 a 7 años de edad aprendiendo los nombres de las letras del alfabeto y practicar formas de las letras, reconocimiento de letras y letras encontrar en su contexto.

Además desarrolla en los niños una amplia gama de habilidades, como: nombrar letras, formar letras, reconocer letras e identificar las letras en su contexto [4].



ABC Phonics

Aplicación optimizada para los teléfonos y tabletas electrónica dirigido a niños de edades 2 a 7 los niños podrán aprender los sonidos de las letras del alfabeto. ABC Phonics enseña sonidos de las letras y los fundamentos de la mezcla, pero no enseña el siguiente paso, que es la fluidez en la lectura real. El desarrollo de las habilidades de lectura es un objetivo separado para la Educación, la cual está cubierta en un partido independiente, denominado Kids Learn To Read [5].



Kids Learn To Read



En su versión de pago tiene 15 palabras adicionales en la primera y las actividades de terceros, así como los niños de bloqueo funcionalidad que se puede activar en Preferencias, es un juego encantador que invita a niños de edad preescolar a la práctica la combinación de sonidos juntos para leer y deletrear palabras sencillas como "perro", "sol", y "grande". Cada sección está diseñada para que los niños disfruten de tiempo el éxito una y otra vez y recibir refuerzo positivo por parte del profesor simpático, por lo que quieren seguir aprendiendo [6].

3. METODOLOGÍA

El proceso para el Análisis y Diseño de la Aplicación Móvil Educativa Para Niños Hipoacúsicos, corresponde a un trabajo multidisciplinario dirigido entre expertos en Ingeniería de Sistemas y diversos actores del Sector educación, además de la comprensión de un conjunto de conceptos, una metodología y de un lenguaje propio. Este proceso es identificado como ciclo de vida del software y comprende, de manera muy general, cuatro grandes fases: análisis, diseño, desarrollo e implementación.

En el primer periodo, el trabajo fue enfocado únicamente a las fases de análisis y diseño del Sistema de Software. Con esto en el análisis se definió el alcance del proyecto y se desarrollaron los procesos de negocio. En el diseño se definió un plan del proyecto, se especificaron las características y se fundamentó la arquitectura, mediante el diseño de los diagramas de ingeniería y el prototipo virtual. En el segundo periodo, se han programa tres módulos de la aplicación, con las que será posible efectuar las primeras aproximaciones experimentales. Para concluir, en la implementación se realizan las pruebas finales de la aplicación y será posible transferirla a los



usuarios, con el propósito de que sea verificada y validada, bajo estándares de calidad de la Ingeniería de Sistemas.

Análisis y Diseño de la Aplicación Móvil Educativa para niños Hipoacúsicos

Esta fase inició con entrevistas, cuestionarios y visitas de campo a diversas escuelas, con la finalidad de buscar y organizar toda la información posible en torno al problema de Hipoacusia y aplicaciones móviles. En esta etapa destacaron los requerimientos definidos por los usuarios, padres de familia y docentes involucrados en el aprendizaje y educación de los niños hipoacúsicos, quienes proporcionaron diversos documentos, con los cuales se estudiaron las etapas que conforman el proyecto y de cuántos procesos se componen. Por cuestión de espacio, en la Tabla I, se detallan sólo algunos de estos procesos.

Una vez identificados los Procesos que componen el proyecto, haber efectuado un estudio del estado del arte (sección 2) e identificado las etapas que conforman al proyecto, se continuó con el Modelado de los Procesos. Se utilizó la nomenclatura BPMN [7] y el software Enterprise Architect [8].

Tabla I. Procesos del Sector Educación.

Id del Proceso:	PNeg_01
Nombre del Proceso:	Proceso de Preinscripción
Objetivo del Proceso:	El sistema educativo tenga en consideración el número aproximado de aspirantes a educación primaria para poder generar una buena distribución de los lugares disponibles en cada Institución.
Actores:	Padre o tutor
Estrategia a seguir:	Generar una lista con anterioridad de las posibles escuelas en las que se desee inscribir al tutorado
Recursos Disponibles:	Lista de escuelas participantes en http://saidedomex.wordpress.com/ .
Entradas:	Datos del alumno, padre o tutor y posibles escuelas.
Salidas:	Ficha de SAID (Sistema Anticipado de Inscripción y Distribución).

Id del Proceso:	PNeg_02
Nombre del Proceso:	Proceso de Inscripción
Objetivo del Proceso:	Que el menor forme parte del cuerpo estudiantil de la institución
Actores:	Padre o Tutor y la Institución
Estrategia a seguir:	Contar con toda la documentación solicitada por las autoridades educativas del plantel en cual se desea inscribir al tutorado
Recursos Disponibles:	Convocatoria de Inscripción del Plantel educativo
Entradas:	Documentación del menor (Acta de nacimiento, fotografías, CURP, certificado médico y cuota de inscripción) y Ficha de SAID
Salidas:	Credencial del alumno
Id del Proceso:	PNeg_03
Nombre del Proceso:	Proceso de Reinscripción



Objetivo del Proceso:	Que el alumno siga formando parte de la institución.
Actores:	Padre o Tutor y la Institución.
Estrategia a seguir:	Estar informado de las fechas de reinscripción.
Recursos Disponibles:	Convocatoria de la institución.
Entradas:	Documentación del menor (Credencial de alumno del ciclo escolar anterior, certificado médico y cuota de inscripción).
Salidas:	Credencial del alumno.

Id del Proceso:	PNeg_04
Nombre del Proceso:	Proceso de Impartición de Curso
Objetivo del Proceso:	El alumno adquiera el conocimiento necesario para acceder a niveles superiores
Actores:	Alumno, profesor y padre o tutor
Estrategia a seguir:	El alumno estudie con regularidad los temas impartidos en clase para que el conocimiento se a continúo y se adquiera con mayor facilidad
Recursos Disponibles:	Libro de texto, páginas y blogs de Internet, Bibliotecas
Entradas:	Programas de educación generados por la SEP (Secretaría de Educación Pública), Libros de Texto
Salidas:	Boleta de aprobación de año del alumno

Id del Proceso:	PNeg_05
Nombre del Proceso:	Proceso de Planeación de curso
Objetivo del Proceso:	Generar un plan y seguimiento de evaluación de los alumnos
Actores:	Profesor
Estrategia a seguir:	Cotejar las estrategias propias del profesor con las estrategias y planeación otorgado por la SEP para formular mejor forma de evaluación del alumnado
Recursos Disponibles:	Plan de estudio de la SEP, libros de texto
Entradas:	Plan de estudio de la SEP, libros de texto
Salidas:	Planeación de curso

Las Figuras 1 y 2 se muestran procesos que son parte de la integración de un niño a formar parte del cuerpo estudiantil de una institución educativa pública, en la Figura 1 se aprecia el proceso que se debe llevar a cabo para la incorporación de un niño a una escuela pública de ya que el padre o tutor debe reunir la documentación necesaria y requerida por la institución, así como entregarla en tiempo y forma en la institución deseada para poder obtener un lugar para el menor dentro de la escuela.

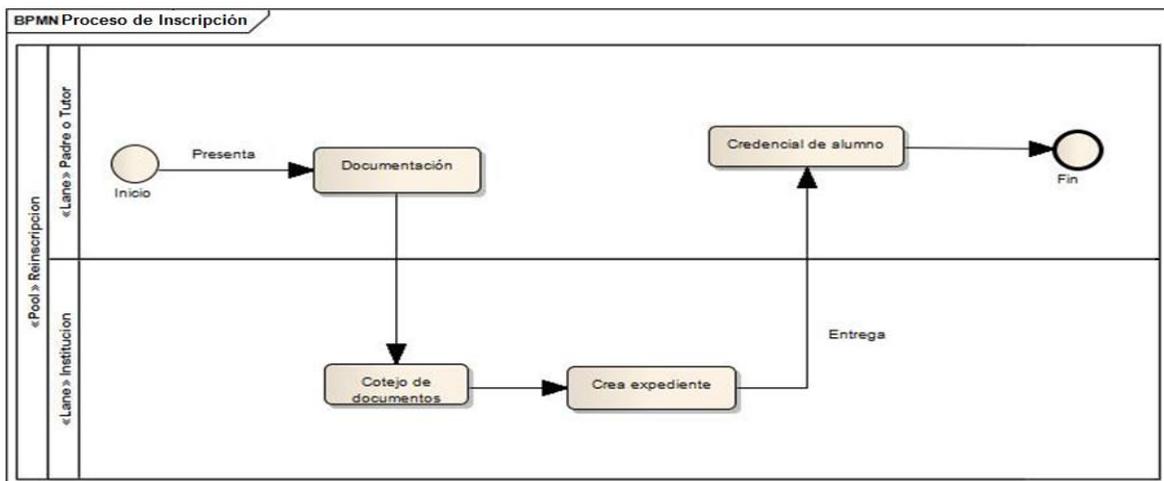


Figura 1. Diagrama de procesos de negocios Inscripción.

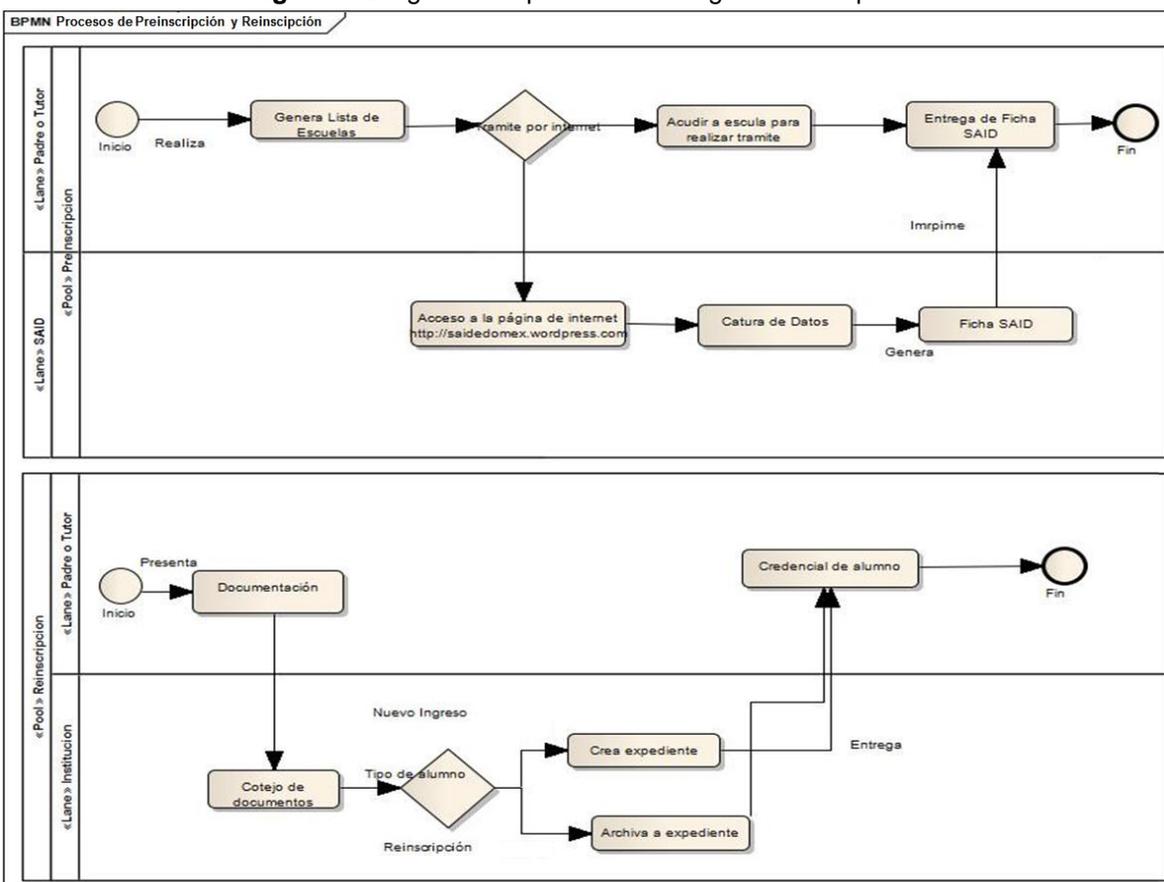


Figura 2. Diagrama de los Procesos de Preinscripción y Reinscripción.

En la parte superior de la Figura 2 se aprecia el proceso de preinscripción que se lleva a cabo cuando el estudiante pasa de kínder o preescolar a la primaria, dónde el padre o tutor busca escuelas en su entorno para que el estudiante realice sus estudios, se llena un formato especial denominado ficha SAID, si el trámite se puede realizar por internet se deberán tener en cuenta las fechas para el llenado de este documento y se deberá entregar en tiempo y forma junto con el acta



de nacimiento y CURP del aspirante. En la parte inferior es un proceso necesario para la continuación dentro de la institución cada vez que se aumente el grado que lleva con solo llenar un formato de reinscripción que será proporcionado por la institución académica.

Posteriormente se procedió con las plantillas que describen a los procesos anteriores y parte de la propuesta para el módulo que permite la evaluación de la pronunciación de niños con hipoacusia. Las Tablas II y III son un ejemplo de estas plantillas.

Tabla II. Grabación de audio.

OBJ - <id>	Grabación de audio HO1
Versión	<No. 1.0> (<27-Mayo-2012>)
Autores	<Maya Iglecias Ricardo Manuel> (<Instituto Tecnológico de Toluca>)
Fuentes	<Citlalih Yollohtli A. Gutiérrez Estrada> (<Instituto Tecnológico de Toluca>)
Objetivos Asociados	
Requisitos Asociados	HR1 – Grabación de audio.
Descripción	El sistema deberá grabar un archivo de audio para el análisis de la pronunciación del usuario.
Importancia	Alta
Urgencia	1
Estado	En Proceso
Comentarios	Ninguno

Tabla III. Interfaz independiente del contenido.

OBJ - <id>	Interfaz reutilizable HO2
Versión	<No. 1.0> (<27-Mayo-2012>)
Autores	<Maya Iglecias Ricardo Manuel> (<Instituto Tecnológico de Toluca>)
Fuentes	<Citlalih Yollohtli A. Gutiérrez Estrada> (<Instituto Tecnológico de Toluca>)
Objetivos Asociados	
Requisitos Asociados	HR3 – Paquetes de contenido. HR6 – Interfaz Reutilizable.
Descripción	El sistema deberá ser capaz de sin importar el contenido mostrado funcionar de la misma manera con multimedia y contenidos indistintos de las ventanas de la interfaz.
Importancia	Alta
Urgencia	1
Estado	En Proceso
Comentarios	Ninguno

Desarrollo de la Aplicación Móvil Educativa para niños Hipoacúsicos

El desarrollo de la aplicación móvil en su primera versión fue exclusivamente para el análisis del audio grabado con una interfaz, ya que en este punto era de mayor importancia, debido al análisis matemático que debe efectuarse de la voz de los usuarios, la cual fue basada en dos propuestas previas [9], [10]. La Figura 3 muestra un esquema sobre esta primera versión.



MEMORIAS CONIEEM ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271

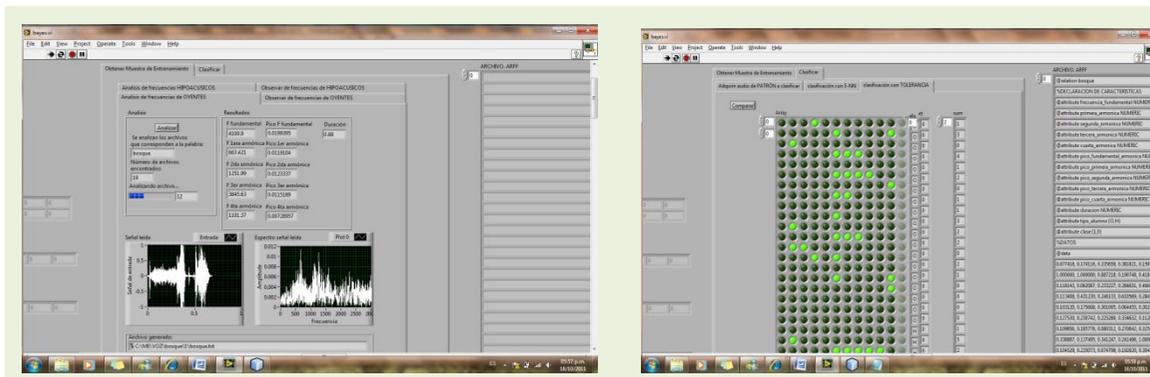


Figura 3. 1ra versión de la Aplicación Móvil.

Los módulos de la Figura 4 corresponden a la parte gráfica y visual de la aplicación actual, que muestra una secuencia de la interfaz y que consta de imágenes que permiten conceptualizar una serie de palabras, según el módulo de aprendizaje, juegos y evaluación.



Figura 4. Versión actual de la Aplicación Móvil.



Para la conclusión del proyecto, actualmente se encuentran en desarrollo dos módulos que integran varios aspectos de los planes y programas establecidos por la SEP. Los cuales reúnen las mismas características de las Figuras 3 y 4.

Finalmente se realizarán las pruebas de manera práctica de la aplicación, para efectuar la verificación y validación por parte de los usuarios, bajo estándares de calidad de Ingeniería de Sistemas.

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

La representación de un problema puede tomar diferentes formas. Sin embargo, una vez que se ha procesado toda la información y comprendido cuáles son los elementos fundamentales para su construcción, se requiere de no cometer fallas por parte de quien tomará las decisiones. Es importante destacar es que al trabajar en colaboración con expertos del sector educación, las propuestas de solución surgían de manera espontánea, agilizando todo el proceso que implica una investigación.

Las pruebas desarrolladas al modelo propuesto en las etapas de análisis, diseño y desarrollo de la aplicación, permitieron generar algunas aportaciones respecto al aprendizaje y campo de conocimiento de los niños hipoacúsicos. Además de aportar una herramienta que apoya de forma divertida, útil y dinámica en el aprendizaje y fonetización de los niños.

5. AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial agradecemos a la Ing. Diana Guadalupe Rojas García, a la M. en C. Erika Yvón Careaga Samaniego, a los estudiantes David Islas Pérez y Ricardo Manuel Maya Iglecias del Instituto Tecnológico de Toluca, por su participación y las primeras propuestas efectuadas a este trabajo en colaboración.

Los autores agradecen también el apoyo a la DGEST por aprobar el proyecto “La Ingeniería de Sistemas como modelo integral para el desarrollo de aplicaciones adaptativas”, con clave 4389.11-P, que ha servido como base para generar diversas investigaciones relacionadas a este proyecto.



6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carly Shuler whit Zachary Levine, Jinny Ree. iLearn II: An analysis of the Education Category on Apple's App Store. The Joan ganz Cooney Ceter at Sesame Workshop. January 12, 2012.
- [2] Isabel Alcaraz. La revolución digital en el mundo editorial: e-books y las TIC en la educación. Nuevas formas de lectura, de enseñanza y de aprendizaje. Febrero 29, 2012. Disponible en: <http://latercerarevolucion.wordpress.com/2012/02/29/ilearn-ii-informe-sobre-las-nuevas-aplicaciones-de-apple-en-educacion/>
- [3] Rastreo de ABC. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.remarkable.tracingabcfull&feature=top-paid>.
- [4] Kids ABC Letters. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.anahoret.android.letters&feature=top-paid>.
- [5] Kids ABC Phonics, Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intellijoy.android.phonics&feature=top-paid>
- [6] Kids learn to read, Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intellijoy.android.reading&feature=top-paid>
- [7] White S. A., Miers D. BPMN. (2009). Guía de Referencia y Modelado. Disponible en: <http://www.youblisher.com/p/288327-BPMN-2-0-Manual-de-Referencia-y-Guia-Practica-Spanish-Edition/>
- [8] Enterprise Architect 9.1.2000 - 2013 Sparx Systems Pty Ltd. 2013. Disponible en: <http://www.sparxsystems.com/products/ea/9.1/>
- [9] Diana Rojas García, Rafael Cruz Reyes, Citlalih Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Itzel Abundez Barrera. "Sistema de apoyo en el aprendizaje de niños con Hipoacusia, mediante el uso de Inferencia Gramatical, representada por Árboles de Decisión". CONIEEM 2011 (VIII Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab) ISSN 1665-0271, Instituto Tecnológico de Mérida
- [10] Erika Yvon Careaga Samaniego, Gustavo Quintana Carapia, Citlalih Gutiérrez Estrada, Sergio Díaz Zagal, Rafael Cruz Reyes, Itzel Abundez Barrera. "Software Educativo como Sistema evaluador de voz, haciendo uso de la tolerancia a partir de la determinación de un umbral de representatividad". CONIEEM 2011 (VIII Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab) ISSN 1665-0271, Instituto Tecnológico de Mérida.



APLICACIÓN WEB PARA ADMINISTRACIÓN DE LABORATORIO

**Arnulfo Castro Vásquez¹, Karla Irene Gameros Mejía, Ernesto Sifuentes de la Hoya¹,
Francisco Javier Enríquez¹, Abdi Delgado Salido¹,**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología
Ciudad Juárez, Chihuahua, México

arncastr@uacj.mx, dark-angel-witch@hotmail.com, esifuent@uacj.mx, fenrique@uacj.mx,
adelgado@uacj.mx

RESUMEN

El presente trabajo describe el análisis, diseño e implementación del prototipo de sitio Web para la administración de un laboratorio en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, caso de estudio Sistemas Digitales. El proyecto consistió en el desarrollo del proceso ingeniería de software para la construcción de un Sitio Web dinámico. Se documentó el desarrollo de la base de datos para el sitio web y el desarrollo del sitio Web dinámico que accede a dicha base de datos.

Algunos de los elementos que administra el prototipo son:

Administración de los datos de los materiales que se utilizan en el desarrollo de las diversas prácticas que se realizan en el laboratorio de sistemas digitales, incluyendo reportes de uso semanal y mensual.

Control de las diferentes prácticas que los docentes han diseñado como parte del proceso de aprendizaje para el alumnado administrando el proceso de realización de las mismas por parte del alumnado, con la generación de diferentes reportes.

Administración de usuarios considerando: alumnos, docentes, administradores y responsable.

La sección de desarrollo, presenta el proceso de creación de la base de datos y en la segunda parte el desarrollo de la aplicación Web que accede a la base de datos que se desarrollo.

ABSTRACT

This work describes the analysis, design and implementation of the prototype the dynamic site Web for administration of a laboratory in Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, case of study laboratory Digital Systems. The project consisted of the development of the process engineering software for the construction of a dynamic site Web. This development created documentation of the database for the web site and the dynamic web site that accedes to the above mentioned database.

Some of the elements that the prototype administering are:

Administration the data of the materials, which are using in the development of the diverse practices that are realized in the laboratory of digital systems, including reports of weekly and monthly use.

Control of the different practices, that the teachers have been design as part of the learning process for the student. Administering the process of accomplishment of the same ones on the part of the student and generating of different kinds of reports.

Users' administration include: students, teachers, administrators and person in charge. The first section of development presents the process of built of the database and the second part show the development of the Web application that accedes to the database that was develop in the first part.



INTRODUCCIÓN

Una parte fundamental en cualquier empresa, es la de administrar. Para el presente trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de Sitio web dinámico que administra datos utilizados en un laboratorio, con la tendencia de controlarlos para incluirlos en un Sistema de Información, concepto que está vinculado a la <<Información en sí>> (Sánchez-Vignau & Valdez-López, 2008) y los procesos a los cuales estas sometidos los datos. Elementos necesarios para generar dicha información. Previa selección, representación, organización, almacenamiento y diseminación. Dichos elementos han sido realizados como parte del proceso de desarrollo de Ingeniería de Software, que permite el modelado de sistemas de cómputo y sitios web. Tal como lo desarrolla Rojas-Pino en el proceso de modelado de la Arquitectura de la Información (Rojas-Pino & Macías-Iglesias, 2012) de una web interactiva. Así mismo se presenta un proceso de modelado de sistema aplicado al procesado de datos de un evento deportivo por castro en donde se analizan todos los factores que intervienen en un encuentro deportivo (Castro, González, Ochoa, & Rascón, 2010) de basquetbol. Por otro lado López-Carreño presenta un proceso de sistema de información web (López-Carreño, Martínez-Mendez, & López-Carreño, 2009) que administra información referente a los eventos culturales en se pueden abordar aspectos referentes a la organización y la difusión de los mismos.

Este trabajo está formado por el desarrollo, parte que se divide en dos secciones por un lado el desarrollo de la base de datos que soporta la información procesada en la aplicación web y por otro lado el desarrollo de la interfaz de usuario que accede a los datos contenidos en la base de datos desarrollada en la primera parte de este proyecto. Posteriormente se tienen conclusiones y resultados a los cuales sigue la sección de prueba terminando con la bibliografía utilizada.

DESARROLLO

El prototipo desarrollado consta de fundamentalmente de dos secciones, en la primera se desarrolló la base de datos la cual administra todos los datos necesarios para las funcionalidades que muestran las interfaces que forman el sitio web dinámico; la segunda sección describe el desarrollo del sitio Web dinámico el cual accede a la base de datos desarrollada en la primera sección a continuación se describen las secciones que se desarrollaron.

Algunas de los productos que se obtuvieron de las etapas de desarrollo están presentes el este trabajo se han planteado solo los básicos, para la base de datos se obtuvo: Universo del discurso, Esquema Entidad-Relación, Conversión Entidad-Relación a esquema Relacional, Modelado del esquema Relacional, Script de creación de la Base de Datos, implementación y pruebas de funcionalidad (Kenneth & Kendall, Analisis y Diseño de Sistemas, 2005).

Para la parte del desarrollo del sitio web dinámico se obtuvo: Diagramas de secuencia, Diagramas de funcionalidad, programación de las funcionalidades, procesos de validación, interfaces de usuarios básicas y especializadas.



Base de Datos

La primera parte que se debe considerar para la construcción de una base de datos es entender plenamente las necesidades de datos que ésta soportará para lo cual es fundamental conocer todos los elementos que se controlaran y como estos están interrelacionados, esta parte se obtiene a partir de la recopilación de datos o levantamiento de necesidades. Una vez obtenidas las necesidades estas deben ser registradas en lo que se conoce como Universo del Discurso este documento registra cada una las necesidades y como se relacionan entre si una forma ampliamente utilizada de presentar dicho documento se presenta a continuación.

Tabla 1 Parte del Universo del Discurso de la Base de Datos del Laboratorio

Se desea administrar la información de alumnos, de profesores, de materias, profesores con sus materias y alumnos.

En la parte de los alumnos debe de contener lo siguiente: programa, matrícula, nombre, apellido paterno y apellido materno; pero cabe mencionar que el programa estará con clave; para saber la definición de la clave se necesita otra información adicional que tenga la clave del programa y la descripción. Mientras que en la de los profesores: número de empleado, nombres, apellido paterno y apellido materno. La de materias debe de contener: clave y nombre largo. Por último para relación de profesor, materia y alumno: nombre del profesor, materia, grupo y matrícula.

Para que se pueda acceder a la base de datos, se necesita tener previamente una cuenta con los siguientes datos: matricula si es alumno o si es profesor número de empleado, usuario, contraseña, correo electrónico y tipo de usuario. El tipo de usuario puede ser, alumno, profesor o administrador.

Dependiendo del tipo de usuario puede hacer lo siguiente:

Si es alumno, únicamente puede reservar material, inscribirse al grupo que le corresponde y crear reportes de asistencia durante el semestre.

Para que el alumno pueda reservar deberá de contar con matrícula, material, cantidad y que día y hora va a disponer de ellos. Se registra por medio del dato devolución si el alumno regresa todo el material.

Parte del presente universo del discurso fue obtenido del proceso de los requerimientos en donde para el administrador se consideraron nueve requerimientos básicos de datos, para el alumno se consideraron siete requerimientos básicos, para los docentes se consideraron cinco requerimientos básicos; independientemente de las necesidades de manejo de datos personales para cada uno de los usuarios y los procesos estándar referentes a las altas bajas y modificaciones.

Después de haber plasmado las necesidades y los requerimientos se procede a la construcción del esquema Entidad-Relación, este elemento procesa las necesidades y los distintos tipos de usuarios que se están interrelacionando con los distintos elementos que se controlan en el mundo real que se esta digitalizando, para el procesado de este se generó primeramente una matriz de entidades de la cual se obtiene el esquema Entidad-Relación que se presenta en la figura 1, este presenta diez relaciones y doce entidades básicas de las cuales se tienen dos especializaciones que generan al final dos tablas más.

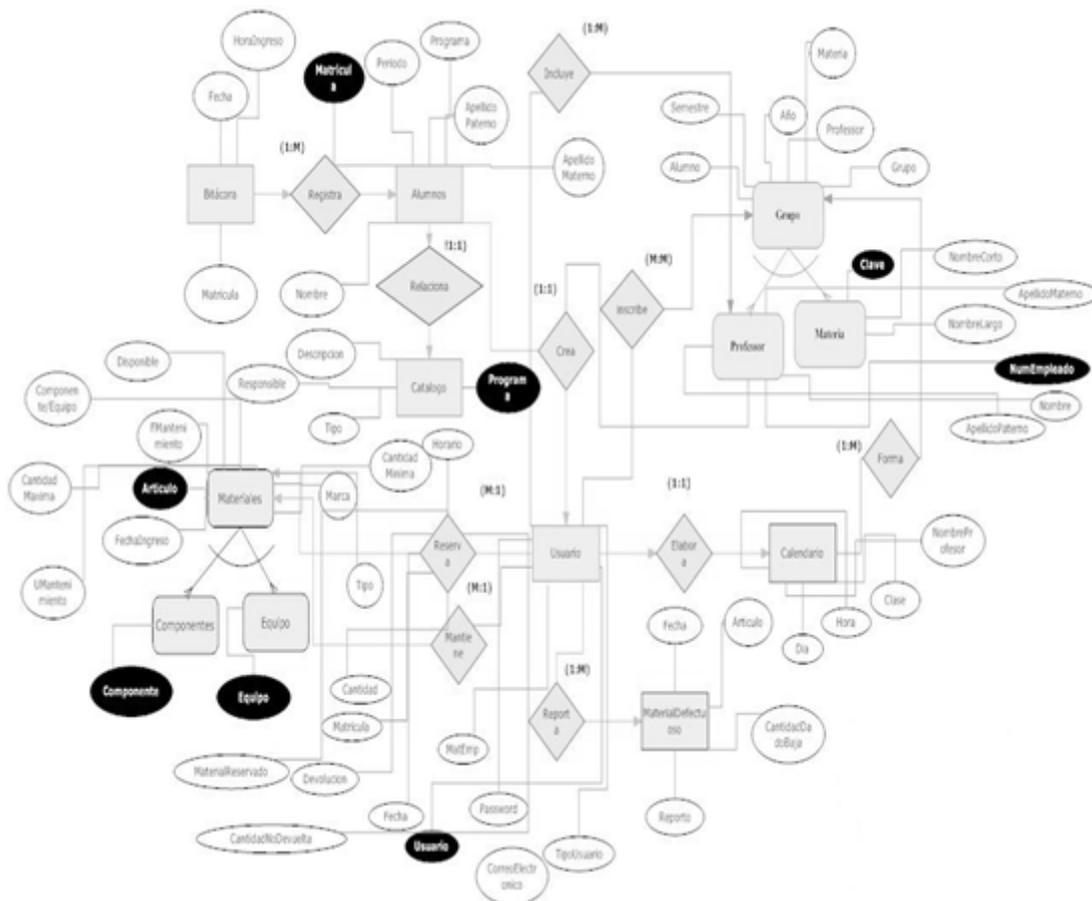


Figura 1 Esquema Entidad-Relación del laboratorio sistemas digitales

Concluido el procesado los requerimientos y funcionalidades en el esquema Entidad Relación, se procede a pasar el algoritmo de conversión EntidadRelación -- Relacional al esquema del laboratorio sistemas digitales para obtener el esquema Relacional, esta etapa del desarrollo permite la creación de las tablas finales que formarán la base de datos (Johnson, Bases de Datos Modelos Lenguajes y Diseño., 2000) para este caso de utilizó el software de apoyo Embarcadero ERstudio 7.0 el cual permite registrar cada una de las tablas y las relaciones que tienen con otras, así mismo permite registrar los datos básicos de cada uno de los atributos que forman dicha tabla incluyendo un tipo de datos preestablecido el cual quedará determinado dependiendo del tipo de Gestor de base de datos que se elija para crear la base de datos en nuestro caso fue el gestor de base de datos SqlServer 8.0 de Microsoft. El esquema final de la base de datos se muestra en la figura 2

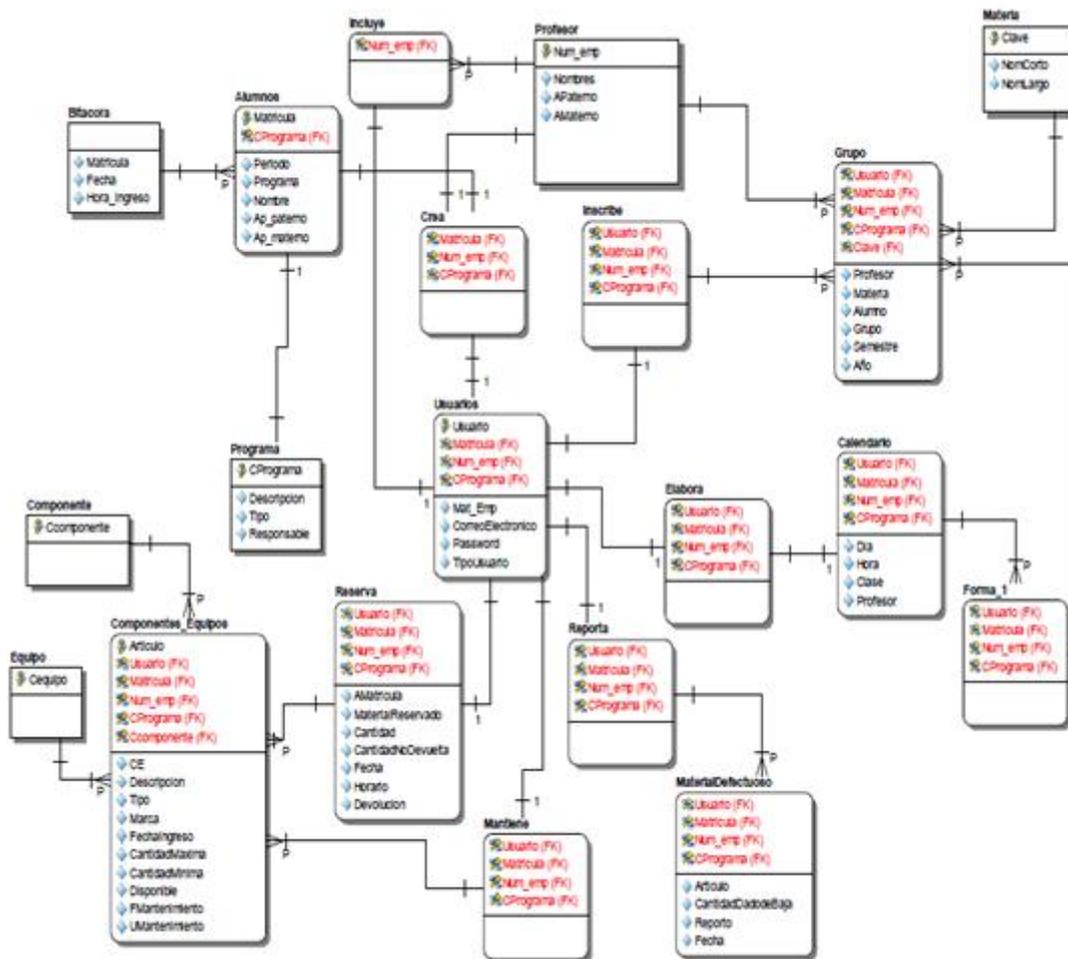


Figura 2 Esquema Relacional de laboratorio de sistemas digitales.

El cual presenta veintitrés relaciones y diecinueve tablas de estas cuatro son las más representativas y de las cuales se desprenden la mayor parte de las relaciones que forman el esquema relacional de la base de datos de laboratorio de sistemas digitales.

Cuando se ha registrado en la herramienta Embarcadero ERStudio el esquema relacional, se crea un esquema lógico general y en base a este se puede crear un esquema físico con múltiples opciones de gestores disponibles por default en la herramienta, para nuestro caso el gestor de base de datos en el que se implementó fue SQL Server2008 y se le asignó el nombre de Lab_Digitales.

```
CREATE TABLE [dbo].[Componetes_Equipos](
    [Articulo] [nvarchar](80) NOT NULL,
    [CE] [nvarchar](100) NULL,
    [Descripcion] [nvarchar](60) NULL,
```



```

[Tipo] [nvarchar](60) NOT NULL,
[Marca] [nvarchar](60) NULL,
[FechaIngreso] [date] NULL,
[CantidadMaxima] [int] NOT NULL,
[CantidadMinima] [int] NOT NULL,
[Disponible] [int] NOT NULL,
[FrecuenciaMantenimiento] [nvarchar](50) NULL,
[UltimoMantenimiento] [date] NULL,
CONSTRAINT [PK_Componetes_Equipos] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Articulo] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY =
OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

```

Figura 3 Script de creación de la tabla componentes_Equipos

La figura 3 se presenta la creación de la tabla Componentes_Equipos la cual es una parte del script de creación de la base de datos de labDigitales, algunos de los elementos que se pueden apreciar en esta consulta de creación son la restricción de clave primaria, la creación de campos no nulos, banderas de indexado, candados de paginación y control de duplicados en relaciones.

Una vez procesada dicha consulta se pueden editar directamente dentro de SqlServer 2008 de Microsoft, tal como se muestra en la figura 4 en la cual se abrió la tabla de componentes_Equipos.

PC.Lab_Di...mponetes_Equipos		
Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir v...
Articulo	nvarchar(80)	<input type="checkbox"/>
CE	nvarchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
Descripcion	nvarchar(60)	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo	nvarchar(60)	<input type="checkbox"/>
Marca	nvarchar(60)	<input checked="" type="checkbox"/>
FechaIngreso	date	<input checked="" type="checkbox"/>
CantidadMaxima	int	<input type="checkbox"/>
CantidadMinima	int	<input type="checkbox"/>
Disponible	int	<input type="checkbox"/>
FrecuenciaMantenimie...	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
UltimoMantenimiento	date	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4 Edición de tabla Componentes_Equipos desde SqlServer2008

En esta imagen que presenta la interfaz de usuario de SqlServer2008 se pueden hacer modificaciones directamente y éstas serán reflejadas en la base de datos, tal como lo presentan los atributos CE, Descripcion, Marca, FechaIngreso, FrecuenciaMantenimiento, UltimoMantenimiento los cuales pueden permitir valores nulos en sus campos.



Aplicación Web dinámica

Por otro lado, para desarrollar la aplicación web se desarrollaron los siguientes elementos: Diagramas de secuencia, programación de las funcionalidades, diseño de interfaz de acceso, validaciones en las interfaces gráficas.

Para este prototipo se desarrollaron veinticinco diagramas de secuencia los cuales registran las diferentes funcionalidades que de acuerdo con, (Kenneth & Kendall, 2005) se consideraron necesarios para la etapa del desarrollo del análisis de requerimientos.

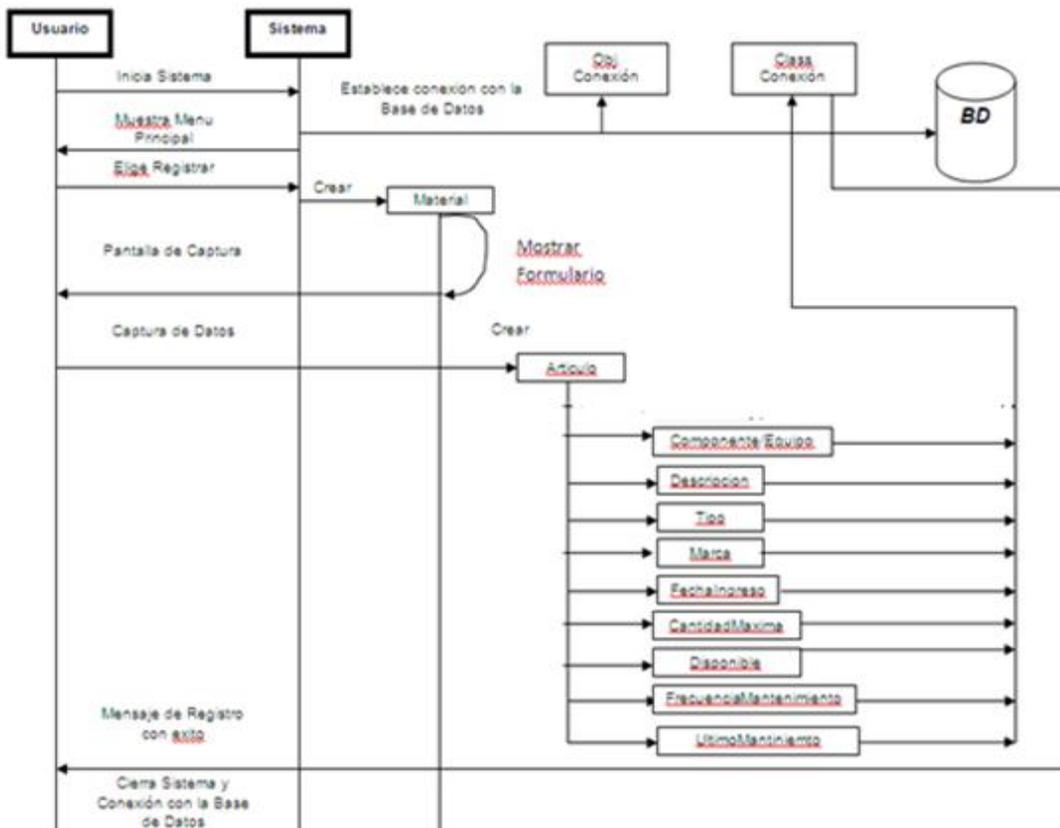


Figura 5 Diagrama de secuencia de captura de artículo

En el diagrama de secuencia que se presenta en la figura 5 se puede apreciar cómo se realiza la interacción entre el usuario, sistema y base de datos. De igual forma se registra cada uno de los atributos que forman la tabla y la manera de procesarlos en el sistema para asegurar que los datos se han insertado correctamente en la base de datos.

Cada una de las funcionalidades que se registran en los diagramas de secuencia se deben programar, para este caso se utilizó el lenguaje de programación visualbasic.net de Microsoft con el cual se plasman cada uno de los puntos que se registraron en el diagrama de secuencia correspondiente.



Dim tabla As New DataTable

Dim sqlAdapt As New SqlDataAdapter("Select * from Componentes_Equipos where articulo=" & ComboBoxArticulo.Text & """, sqlCon)

Dim command As New SqlCommandBuilder(sqlAdapt)
sqlAdapt.Fill(tabla)

Do

Dim tablarenglon As DataRow

tablarenglon = tabla.Rows(cont)

cantidad2 = tablarenglon("Disponible")

CantDisponible = Val(cantidad2)

cont = cont + 1

Loop While cont < tabla.Rows.Count

sqlCon.Close()

Figura 6 Código de la funcionalidad Componentes_Equipos

En la figura 6 se presenta parte de la funcionalidad de Componentes_Equipos programada en el lenguaje visualbasic.net en el cual se puede apreciar cómo se hace una consulta en base a un dato proporcionado por el usuario final el cual está ligado a una caja de texto, se puede apreciar cómo cada una de las filas es recuperada una vez que se ha recuperado toda la información de la tabla en el buffer adecuado.

Cuando se han programado todas las funcionalidades que se modelaron, estas deberán ser presentadas al usuario final a través de las interfaces adecuadas y que son implementadas en el mismo lenguaje de programación, se realizaron pantallas de captura y modificación para cada una de las tablas base, algunas de las cuales están interrelacionadas entre sí y que permiten la interacción entre las diferentes funcionalidades, se desarrollaron también pantallas adicionales para procesos secundarios como el manejo de calendarios, proceso de validación de usuarios, etc.

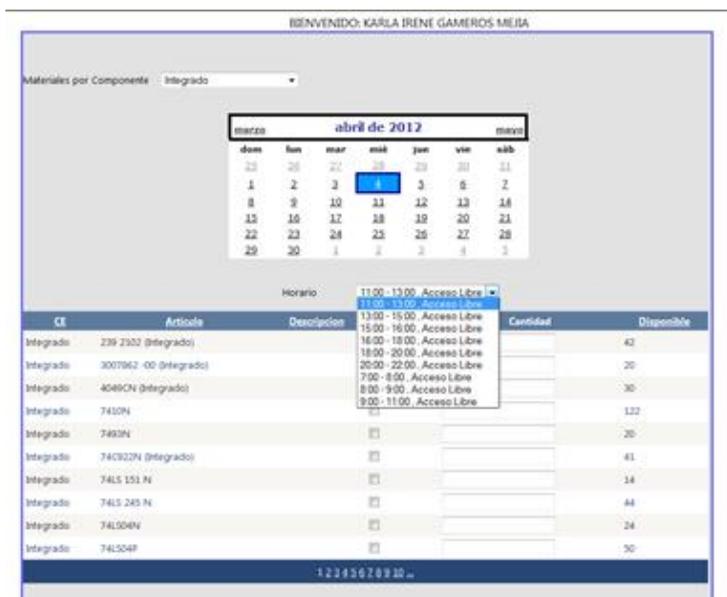


Figura 7 Interfaz de registro de horario para alumno.



Cada una de las pantallas que se desarrollaron se encuentran registradas en el manual de usuario el cual por razón de espacio no fue incluido en este documento, en la figura 7 se puede apreciar una pantalla de reserva de espacio para una práctica por parte de un alumno.

El prototipo posee múltiples pantallas por default se presenta una pantalla genérica y para entrar a secciones específicas se debe validar el usuario, (Silver, Pyke, & Peterson, 1998) para lo cual existen al menos cuatro perfiles de usuario básicos los cuales incluyen administrador, responsable, docente, alumno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un prototipo que responde a las necesidades de administración de información en un laboratorio, en este caso aplicado en el departamento de Eléctrica y Computación perteneciente al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

El sitio posee la capacidad generar reportes de uso del laboratorio por día, mes, semana, semestre o año. Este elemento es fundamental debido a que fue una necesidad planteada por un organismo evaluador externo a la universidad.

El responsable del laboratorio tiene la capacidad de administrar los materiales y equipo que posee el laboratorio, así como de la generación de los reportes de uso para evaluación semestral.

El alumnado se vio beneficiado debido a la capacidad de poder reservar en línea su espacio para realización de prácticas en las materias que impactan al laboratorio de sistemas digitales.

Es posible realizar los procesos adecuados para adaptar y poner en funcionamiento el sitio web en la intranet del instituto.

Se ve la necesidad de poder generar un gestor de contenidos específico para los laboratorios como trabajo a futuro.

PRUEBA

Algunas de las pruebas que se realizaron al prototipo de sitio web dinámico fueron registradas y controladas como parte del proceso de evaluación, en el la figura 8 se puede apreciar como se realiza una actualización sobre una actividad previamente registrada en la cual se puede apreciar la modificación de la clase Alumbrado.

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00 - 8:00	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
8:00 - 9:00	ELECTRONICA I	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
9:00 - 11:00	Acceso Libre	CIRCUITOS DIGITALES Abdi Delgado Salido	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
11:00 - 13:00	Acceso Libre	ELECTRONICA I Prestar Loya	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
13:00 - 15:00	CIRCUITOS ELECTRICOS I Abdi Delgado Salido	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
15:00 - 16:00	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
16:00 - 18:00	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
18:00 - 20:00	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado
20:00 - 22:00	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Acceso Libre	Cerrado

Restablecer Calendario			
Editar	Hora	Clase	Profesor
<input type="button" value="Edit"/>	7:00 - 8:00	Acceso Libre	
<input type="button" value="Edit"/>	8:00 - 9:00	ELECTRONICA I	Lidia Rascón
<input type="button" value="Edit"/>	9:00 - 11:00	Acceso Libre	
<input type="button" value="Edit"/>	11:00 - 13:00	Acceso Libre	
<input type="button" value="Edit"/>	13:00 - 15:00	CIRCUITOS ELECTRICOS II	Abdi Delgado Salido
<input type="button" value="Edit"/>	15:00 - 16:00	Acceso Libre	
<input type="button" value="Update"/>	<input type="text" value="16:00 - 18:00"/>	ALUMBRADO	
<input type="button" value="Edit"/>	18:00 - 20:00	Acceso Libre	
<input type="button" value="Edit"/>	20:00 - 22:00	Acceso Libre	

Figura 8 Pantalla de actualización de calendario.



Para las modificaciones se accede a los registros de cada día y para cada uno de ellos se puede realizar los cambios que se deseen, una vez que se realiza un cambio éste deberá ser pre evaluado y si aplica se ve reflejado en los registros finales almacenados en la base de datos del sitio.

CONCLUSIONES

Es posible administrar información de uso del laboratorio de manera digital, previo registro. Lo que provoca que se agilicen de manera sustancial los procesos de reportes, mantenimiento y supervisión de mínimos y máximos de materiales y recursos.

El digitalizar los procesos mejora sustancialmente cualquier situación de manejo de datos, debido a la velocidad que proporciona el cómputo, por ende le proporcionará un valor agregado al departamento de sistemas digitales.

Los procesos de registro del alumnado se benefician del cómputo, debido a que se incluyó un lector de barras al sistema y la capacidad de poder acceder a ésta información a través de la internet.

Los procesos de control de inventarios han sido mejorados, ya que se implementó la funcionalidad de control de material y equipo utilizado en el laboratorio de sistemas digitales, teniendo la disposición de generación de reportes en línea los cuales pueden ser accedidos previa identificación digital.



Bibliografía

- Castro, A., González, S., Ochoa, C. A., & Rascón, L. H. (2010). Sistema de Información para evento Deportivo: Caso de aplicación Basquetbol . *Información Tecnológica Vol. 21 Núm. 6 La Serena*, 49-58.
- Johnson, J. L. (2000). *Bases de Datos Modelos Lenguajes y Diseño*. México Distrito Federal: Oxford.
- Kenneth, E. K., & Kendall, J. E. (2005). *Análisis y Diseño de Sistemas*. México: Pearson.
- López-Carreño, R., Martínez-Mendez, F. J., & López-Carreño, M. (2009). Diseño de un sistema de información web para la gestión cultural. *Ibersid: Revista de sistemas de información y Documentación* , 29-34.
- Rojas-Pino, L.-A., & Macías-Iglesias, J.-A. (2012). Sistema automatizado de integración de arquitectura de la información en el desarrollo de aplicaciones Web interactivas. *El profesional de la información, Marzo-Abril V. 21 N. 2*, 160-165.
- Sánchez-Vignau, B. S., & Valdez-López, Y. (2008). Diseño de Sistemas de Información Documental. Consideraciones Teóricas. *Ciencias de la Información Vol. 39, No. 3 Septiembre-Diciembre* , 21-29.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. Estados Unidos: John Wiley & Sons Tercera Ed.



CREACIÓN DE LIBRERÍAS DINÁMICAS EN JAVA UTILIZANDO CÓDIGO NATIVO

Roberto Liquidano Rodríguez, Andrea Olimpia Nájera Avila

Instituto Tecnológico de Toluca

liquihard@yahoo.com.mx, andy_najera@hotmail.com

RESUMEN

Con el presente artículo se pretende dar a conocer como crear una librería del lenguaje Java para controlar puertos serie, debido a que en los paquetes que se instalan por defecto en la plataforma de éste lenguaje no existe. Es cuando se recurre a buscar dicha clase en la red de redes, internet, y si se tiene suerte se pueden encontrar, y a veces, aunque exista, al compilarse pueden generar errores, debido a factores como incompatibilidad de plataformas de sistemas operativos o porque fueron hechas para una versión de Java que esté obsoleta.

Por lo anterior, se expondrá la manera de implementar la librería utilizando el código nativo, comenzado por definirlo, su evolución a través de las diferentes versiones de éste lenguaje hasta llegar a lo que se conoce como el JNI . El tema de código nativo es poco conocido por los programadores de Java y existe poca bibliografía comercial en los compendios de lenguaje Java que lo aborden, inclusive ni lo llegan a comentar.

Para demostrar la implementación del código, se elaboró un ejemplo, no siendo el clásico “Hola Mundo” sino algo de más utilidad, en éste caso la implementación de una librería dinámica para la utilización del puerto serie en Java. Con la librería creada se podrá abrir un puerto serie, transmitir y recibir caracteres por medio de él, y cuando ya no se utilice, cerrar el puerto.

Se comenta la importancia del lenguaje C para la implantación del código nativo, recordando que Java fue escrito en C. Como con el código nativo para éste caso se usa para generar una librería dinámica, se define lo que es ésta, así como lo que es una librería estática.

Una vez conociendo lo anterior, se procede a crear paso a paso la librería likyhard.so, la manera como ésta debe ser integrada dentro del código fuente de Java, la forma como debe ser el llamado a los métodos integrados dentro de la librería y para que todo lo anterior se lleve a cabo, como se instala en el directorio donde radican las librerías del entorno de Java instaladas en el Sistema Operativo Linux.

Para su demostración se ejecuta un programa desde una terminal de Linux, dicho programa comienza con la detección si está conectado o no el cable usb-serie, debido a que las computadoras actuales ya no cuentan con un puerto serie físico, debido a esto se tiene que emular por medio de éste cable especial, si no está conectado el cable al puerto usb, el programa finaliza informando al usuario lo que tiene que hacer para que el programa se ejecute correctamente. Cuando ya esté en ejecución, el programa permite configurar el puerto según el protocolo a utilizar con la interface con que se tiene que comunicar la computadora. El programa ejemplo permite enviar caracteres hacia otro destino que puede ser otra computadora o un microcontrolador por ejemplo, y donde se muestra parte del código más relevante para el entendimiento del código nativo. Para fines demostrativos, se usa un microcontrolador, que está programado para recibir



ciertos caracteres que permiten el control de un brazo didáctico con cuatro grados de libertad y abrir y cerrar pinzas.

El ejemplo anterior es cien por ciento programa de consola o terminal, pero se hizo un programa con interfaz gráfica de Java con integración de Swing y AWT, que permite controlar dicho brazo didáctico en forma manual por medio de botones o con botones programados para que el brazo realice ciertas tareas automáticamente.

ABSTRACT

This article intends to show how to create a library of Java language to control serial ports, since in the packages that are installed by default on the platform of this language does not exist. It is when it is used to find that class in the network of networks, internet, and if you're lucky you can find, and sometimes, even if it exists, the recompiled may generate errors, due to factors such as incompatibility of operating system platforms or because they were made for a version of Java that is obsolete.

Therefore, will be the way to implement the library using the native, started code defined it, its evolution through the different versions of this language until you reach what is known as the JNI. The theme of native code is little known by developers of Java and there is little commercial literature in the compendia of Java language which addressed it, including not come it to comment.

To demonstrate the implementation of the code, he was an example, not the classic "Hello World" but something more useful, in this case the implementation of a dynamic library for the use of the serial port on Java. With the created library is you can open a serial port, transmit and receive characters through him, and when you are no longer using, close the port.

Discussed the importance of C language for native code implementation, recalling that Java was written in C. As with the native code for this case is used to generate a dynamic library, it is defined what is this, as well as what is a static library.

After knowing this, it is step by step create the library `likyhard.so`, how this should be integrated into the Java source code, shape as it should be the call to methods integrated within the library and so all of the above is carried out, as it is installed in the directory where lie the libraries of the Java environment installed on the Linux operating system.

For his show, a program is executed from a Linux terminal, this program begins with the detection whether it is connected the cable usb-serial, since current computers do not already have a physical serial port, because this is to emulate through this special cable, if the cable to the usb port is not connected the program ends informing the user what to do to run the program properly. When it is already running, the program allows you to configure the port according to the Protocol to be used with the interface with which you should communicate computer.

The program example allows to send characters to another destination that can be another computer or microcontroller, for example, and showing part of the relevant code for the understanding of the native code. For demonstration purposes, a microcontroller, which is scheduled to receive certain characters which allows control of an educational arm with four degrees of freedom and open and close clamps is used.



The previous example is 100 per cent program console or terminal, but became a program with Java GUI with integration of Swing and AWT, which allows you to control this teaching arm manually by buttons or buttons programmed to arm perform certain tasks automatically.

1 INTRODUCCIÓN

El lenguaje Java a pesar que dejó de ser un paradigma de programación hace varios años, sigue siendo de los lenguajes más utilizados hasta la fecha debido a su amplio campo de aplicación. Sin embargo Java presenta el inconveniente que al programar en un área específica, por ejemplo, multimedia o programación de puertos serie o paralelo, las clases que se requieren no están incluidas en las librerías que se descarga por defecto del entorno de programación de éste lenguaje, es por esto que se buscan dichas clases en la red de redes, internet, y si se tiene suerte se pueden encontrar, y en ocasiones aunque exista, al compilarse pueden generar errores, debido a factores como incompatibilidad de plataformas de sistemas operativos o porque fueron hechas para una versión de Java que esté obsoleta [3].

Si se quiere elaborar un programa para comunicar dos computadoras entre sí o un microcontrolador por el puerto serie, se necesitará una clase con métodos adecuados para poder abrir el puerto, transmitir o recibir caracteres por dicho puerto y cuando finalice su uso, poder cerrarlo. Éste tipo de clase no viene integrada a los paquetes básicos de la plataforma Java que se habrá instalado en nuestro sistema, por lo tanto, intentaremos buscar una en internet hecha por terceros y con algo de suerte funcionará si la que fue hecha es compatible con la plataforma y la versión de Java correspondiente. En el caso de que no funcione, entonces habrá que realizar una librería por cuenta propia para que resuelva el problema, en el caso para el control de puertos serie se requiere el conocimiento del código Nativo.

El tema de código nativo es poco conocido por los programadores de Java y existe poca bibliografía comercial en los compendios de lenguaje Java que lo aborden, inclusive ni lo llegan a mencionar. Por tal razón, el presente artículo nos va ayudar a comprender la implementación del código nativo dentro del lenguaje Java, abarcando su evolución a través de las diferentes versiones de éste lenguaje hasta llegar a lo que se conoce como el JNI, concluyendo con un ejemplo, no siendo el clásico "Hola Mundo" sino algo de más utilidad, en éste caso la creación de una librería dinámica para la utilización del puerto serie en Java.

Como se comentó anteriormente, existen librerías para el uso del puerto serie con Java, elaborados por terceros, que se pueden conseguir en la red de redes, internet, pero en muchos de los casos, cuando un usuario las instala, éstas no funcionan debido a que por lo general fueron elaborados en versiones anteriores de Java o en plataformas diferentes donde existe código que no llega a ser compatible, de tal modo que con las actuales versiones no funcionan, generando errores desde la compilación o cuando son llamados los métodos, éstos no responden adecuadamente o simplemente no responden. Además el proceso de instalación no es el adecuado o se complica debido a que las librerías se instalan en ciertos directorios que varían de versión a versión y que dependen también de la plataforma donde esté instalado el Java.

Se conoce como Código Nativo a las funciones en un lenguaje de programación como C y C++ para un Sistema Operativo donde se está ejecutando la máquina Virtual, en este caso la máquina



virtual de Java. Un método nativo de Java, es un método (una instancia de un objeto o una clase) cuya elaboración se ha realizado en otro lenguaje de programación, por ejemplo, C [1].

Actualmente, el lenguaje Java solamente proporciona mecanismos para integrar código C en programas Java. Se puede decir que una máquina virtual es un entorno de programación formado por: El programa que ejecuta los “bytecodes” (en este caso de Java) y las Librerías (API de Java).

Se le llama entorno del sistema anfitrión a la computadora en donde se ejecuta el sistema operativo como a las librerías nativas ejecutadas en esa computadora. Dichas librerías se suelen escribir en lenguaje C o C++ y se compilan dando lugar a códigos binarios del “hardware” donde se ejecuta el entorno del sistema anfitrión [1].

De tal manera se puede decir que las máquinas virtuales Java se hacen para un determinado entorno del sistema anfitrión. Existen diferentes máquinas virtuales, también llamadas plataformas, como el JRE usada en Mac OS X y como la de SUN que es la usada de referencia y la más utilizada en sistemas como Windows, Linux y Solaris. Ha habido otras diseñadas por ejemplo por IBM y Microsoft, no tan populares, como el caso de Microsoft, que no cumple los estándares de SUN.

JNI tiene una interfaz bidireccional que permite a las aplicaciones Java llamar al código nativo y viceversa, es decir, JNI soporta dos tipos de interfaces:

1. Métodos nativos: Que permite a Java llamar a funciones implementadas en librerías nativas.
2. Invocación de Interfaces: Que permite incrustar una máquina virtual Java en una aplicación nativa, por ejemplo, una máquina virtual Java en un navegador web escrito en C. Para ello la aplicación nativa llama a librerías nativas de la máquina virtual y luego usa el llamado Invocación de Interfaces para ejecutar métodos Java en la máquina virtual.

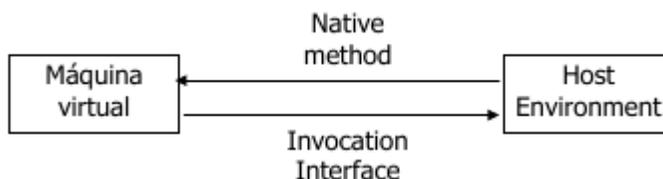


Figura 1: Interfaz bidireccional entre Java y las librerías nativas

Evolución histórica de JNI

Desde los orígenes de Java se incluía ya una forma de hacer llamadas desde la máquina virtual a las librerías entorno del sistema anfitrión, así como desde el entorno del sistema anfitrión a la máquina virtual (en ambas direcciones) pero presentando dos problemas [2]:

1. Las llamadas a código nativo desde Java accedían a estructuras C, pero no estaba definida la posición exacta que debían ocupar estos campos en memoria con lo que una



llamada nativa en una máquina virtual no coincidía con las llamadas en otra máquina virtual [1].

2. Las llamadas nativas al JSDK 1.0 se basaban en el uso de un recolector de basura conservativo, ya que no se controlaba cuando ya no quedaba ningún puntero nativo apuntando a un objeto Java, con la que una vez apuntado un objeto Java desde un método nativo éste no se liberaba nunca más.

Esta forma de llamadas nativas es lo que se usó en el JSDK 1.0 para implementar clases que accedían a partes cruciales del anfitrión como son `java.io.*`, `java.net.*` o `java.awt.*`.

Como consecuencia de los problemas anteriores, se decidió implementar una nueva forma de acceso a métodos nativos a la que se le llamo JNI, y que es una evolución del JRI (Java Runtime Interface), la técnica de acceso nativo de Netscape.

Con el JSDK 1.1 surgió la primera versión de JNI, pero todavía las clases Java que accedían al anfitrión seguían usando la forma de llamada antigua. En JSDK 1.2 se reescribieron todas las clases que accedían directamente al anfitrión usando JNI.

Como se va a generar una librería dinámica, hay que tomar en cuenta que existen dos tipos de librerías: estáticas y dinámicas.

Las librerías de enlace estático son archivos destinados a almacenar funciones, clases y variables globales y tradicionalmente se crean a partir de varios ficheros de código objeto. En UNIX al igual que Linux, éstas suelen tener la extensión `.a` y en Windows la extensión `.lib`. Mac OS X usa también la extensión `.a`. Las funciones de la librería se incluyen dentro del ejecutable durante la fase de enlazado, con lo que una vez generado el ejecutable, ya no es necesario disponer de las librerías de enlace estático [2].

Las librerías de enlace dinámico son archivos cuyas funciones no se incrustan en el ejecutable durante la fase de enlazado, sino que son llamadas en tiempo de ejecución por el programa que requiere el uso de ellas, carga su contenido en memoria y enlaza su contenido según va siendo necesario. Esto presenta la ventaja de que varios programas pueden compartir las mismas librerías, lo cual reduce el consumo de disco duro, especialmente con las llamadas al Sistema Operativo por parte de las Interfaces de Programa de Aplicación (API's) que suelen ser usadas por muchas aplicaciones a la vez.

Su extensión varía dependiendo del Sistema Operativo en que se tenga la plataforma. Por ejemplo en Mac OS x son `.so` ó `.dylib`, en UNIX o Linux `.so` y en Windows `.dll`.

Para que los programas encuentren las librerías de enlace dinámico, éstas deben radicar en determinados directorios, dependiendo de las reglas que establecen los Sistemas Operativos. Mac OS X, por ejemplo, busca en el directorio actual donde está la aplicación y en la ruta que establecen las variables de entorno `DYLD_LIBRARY_PATH` y `LD_LIBRARY_PATH`, en UNIX y Linux busca en los directorios indicados en la variable de entorno `LD_LIBRARY_PATH`, en Windows busca en el directorio actual donde reside la aplicación (`.exe`) y en los directorios indicados por la variable de entorno `PATH`.

Para fijar estas variables de entorno existen comandos que varían dependiendo del Sistema Operativo que se está utilizando.



En Mac OS X, si se quiere incluir el directorio actual en el path de búsqueda de librerías de enlace dinámico, ejecutar: \$ export DYLD_LIBRARY_PATH=\$DYLD_LIBRARY_PATH:.

En Linux ejecutar: \$ export LD_LIBRARY_PATH=\$LD_LIBRARY_PATH:.

En Windows: SET PATH=%PATH%;.

Existen dos diferencias entre la declaración de un método nativo y la declaración de un método regular en el lenguaje de programación Java. La declaración de un método nativo debe contener el modificador **Nativo**. El modificador Nativo indica que éste método es implementado en otro lenguaje. También el método nativo es terminado con un punto y coma, la sentencia del símbolo terminador, debido a que no hay implementación para métodos nativos en la clase por sí mismas [2].

2 METODOLOGÍA

Para generar una librería de enlace dinámico varía dependiendo del compilador y Sistema Operativo que se esté utilizando. La forma de generar una librería de enlace dinámico es casi siempre parecida.

1. Primeramente se crea una clase donde se declara el método nativo.

```
1 class Liky
2 {
3     public native int Abrir(int pto);
4     public native void Cerrar();
5     public native void Dormir(int tmp);
6     public native char LeerPto();
7     public native void EnviarPto(char car);
8     public static void main(String[] args)
9     {
10         int pto=0;
11         int tmp=0;
12         char car='\0';
13         new Liky().Abrir(pto);
14         new Liky().Cerrar();
15         new Liky().Dormir(tmp);
16         new Liky().LeerPto();
17         new Liky().EnviarPto(car);
18     }
19     static
20     {
21         System.loadLibrary("likyhard");
22     }
23 }
```

Observar las líneas tres a la siete, ésta clase contiene la declaración de cinco métodos nativos y que estarán contenidas en la librería dinámica likyhard (línea veintiuno) que se encuentra en el inicializador estático que se encarga de cargar la librería dinámica.



Antes que los métodos nativos puedan ser llamados, la librería nativa que implementa los métodos debe ser cargada. En éste caso se carga la librería nativa en el inicializador "static" (línea 19) de la clase Liky. La máquina virtual de Java automáticamente ejecuta el inicializador estático invocando cualquiera de los métodos en la clase Liky, esto asegura que la librería nativa es cargada antes del llamado de cualquiera de los métodos nativos definidos en la clase Liky.

Se define un método "main" para habilitar la ejecución de la clase Liky, logrando llamar de la misma manera a los métodos nativos que lo haría con los métodos regulares.

La línea 21 (system.loadLibrary) toma el nombre de la librería, localiza la librería nativa que corresponde al nombre, y carga la librería dentro de la aplicación. Para llevar a cabo lo anterior, se requiere elaborar la librería nativa llamada likihard.so, que es el objetivo principal de éste artículo.

2. Después de editar la clase Liky, se guarda el código fuente en un archivo al que nombramos Liky.java. Entonces se compila el archivo usando el compilador javac que viene integrado con las herramientas de la versión de java que se instaló en el Sistema Operativo, que en éste caso es OpenJDK-1.6.0_20 para Linux: javac Liky.java
Este comando genera el archivo Liky.class en el directorio actual.
3. Lo siguiente es generar el archivo de cabecera al estilo JNI que es de gran uso cuando se implementa método nativo en lenguaje C. Con el uso de la herramienta javah como a continuación se detalla: javah -jni Liky
La extensión del archivo de cabecera es ".h" . El comando anterior genera el archivo Liky.h. La parte más importante del archivo de cabecera son las funciones de prototipo para todos los métodos nativos declarados en la clase Liky.java, cuales son funciones en lenguaje C.

En el archivo se encuentran líneas como:

```
JNIEXPORT jint JNICALL Java_Liky_Abrir (JNIEnv *, jobject, jint);
```

que son para cada uno de los métodos nativos declarados en Liky.java. Las macros utilizadas son JNIEXPORT y JNICALL. Se observa también que la implementación de C en el método nativo acepta dos argumentos aun pensando en la correspondiente declaración del método nativo no son los mismos argumentos, inclusive el método cerrar y leerPto no presentan argumentos.

El primer argumento para todos los métodos nativos es un puntero interface JNIEnv. El segundo argumento es una referencia al objeto Liky por sí mismo (se puede decir como al uso de "this" en programación orientada a objetos).

4. El archivo de cabecera al estilo de JNI generado por javah es de ayuda para escribir implementaciones en C o C++ para métodos nativos. Las funciones escritas deben seguir el prototipo especificado en el generado archivo de cabecera. Lo siguiente es escribir código en lenguaje C para implementar cada una de los métodos declarados en Liky.java:



```
#include <jni.h>
#include <stdio.h>
#include "Liky.h"
FILE* fp;
JNIEXPORT jint JNICALL Java_Liky_Abrir(JNIEnv *env, jobject obj, jint pto)
{
    int tiempo;
    if(pto==0)
    {
        fp = fopen ("/dev/ttyS0", "r+"); //Abrir el archivo para lectura y escritura
        for(tiempo=0;tiempo<50000;tiempo++);
    }
    else
    {
        fp = fopen ("/dev/ttyS1", "r+"); //Abrir el archivo para lectura y escritura
        for(tiempo=0;tiempo<50000;tiempo++);
    }
}
JNIEXPORT jchar JNICALL Java_Liky_LeerPto(JNIEnv *env, jobject obj)
{
    char prompt = 0;
    prompt = getc(fp); // lee un caracter desde la UART.
    if(prompt!='\0')return prompt;
    else return '\0';
}
JNIEXPORT void JNICALL Java_Liky_EnviarPto(JNIEnv *env, jobject obj, jchar car)
{
    int caracter;
    caracter = (int)car;
    putc(caracter,fp);
    fflush(fp);
}
JNIEXPORT void JNICALL Java_Liky_Cerrar(JNIEnv *env, jobject obj)
{
    int temp;
    fprintf(fp, "Cerrando el puerto UART \n");
    printf("Cerrando el archivo UART");
    fclose (fp);
    for(temp=0;temp<50000;temp++);
}
JNIEXPORT void JNICALL Java_Liky_Dormir(JNIEnv *env, jobject obj, jint tmp)
{
    int temp;
    for(temp=0;temp<tmp;temp++);
}
```



La implementación de los métodos nativos es sencilla. Se utilizan diferentes funciones terminando alguna de ellas con el estatuto "return". Los argumentos JNIEnv y la referencia al objeto son ignorados.

El programa en C incluye tres archivos de cabecera:

- jni.h Este archivo de cabecera provee información que el código nativo necesita para llamar a funciones JNI. Cuando se escribe métodos nativos, se debe asegurar siempre incluir éste archivo en los archivos fuentes C o C++.
 - stdio.h El código también incluye stdio.h debido a que se utilizan funciones de entrada/salida estándar de C.
 - Liky.h El archivo de cabecera que se generó usando javah. Se incluye el prototipo de C/C++ para las funciones de Java_Liky_xx, donde xx se refiere al nombre de la función que son llamadas.
4. Recordando que cuando se creó la clase Liky en el archivo Liky.java, se incluyó una línea de código para cargar la librería nativa dentro del programa: System.loadLibrary("likyhard") Ahora que se tiene todo lo necesario escrito en código C, se requiere compilar Liky.c y construir la librería nativa.

Diferentes sistemas operativos difieren la manera de construir. En Linux, el siguiente comando construye una librería compartida llamada likyhard.so:

```
gcc -shared -I/usr/lib/jvm/java-6-openjdk/include/ Liky.c -o liblikyhard.so
```

La opción -shared es para generar una librería compartida en lugar de un archivo ejecutable regular en Linux. La opción -I, le indica al compilador que la librería estará integrada en la ruta de las librerías de java de la versión actual usada [3]:

```
-I/usr/lib/jvm/java-6-openjdk/include/
```

El archivo a compilar es Liky.c y el archivo de salida es liblikyhard.so con la opción -o.

Aunque el nombre de la librería es liblikyhard.so, al momento de cargar la librería en el llamado desde la clase Liky.java con el comando: System.loadLibrary("likyhard")

No es necesario anteponerle el sufijo "lib" ni la extensión ".so", se omiten debido a que la máquina virtual de java los toma por defecto cuando se trata de una librería dinámica.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de hacer uso de la librería es importante copiarla en la ruta en que la máquina virtual de java localiza sus librerías nativas, ésta consiste de una lista de directorios donde radican dichas librerías. Por lo general, en los diferentes sistemas operativos al momento de configurar Java llega a pedir una variable de ambiente que presenta diferentes nombres según el sistema operativo que se utilice y en caso de usar Linux también depende del tipo de intérprete de comandos (shell) que se esté utilizando.

En Linux, la variable LD_LIBRARY_PATH es la que determina la ruta donde se localizan las librerías nativas. Si en el sistema Linux se está utilizando el "shell" estándar (sh) o el kornshell



(ksh) para introducir la variable de ambiente apropiadamente para que tome el directorio actual donde se encuentra la librería liblikyhard.so:

```
LD_LIBRARY_PATH=.  
export LD_LIBRARY_PATH
```

El comando export hace que las configuraciones sean accesibles a los procesos hijos o subshell. Si se está utilizando el shell C (csh o tcsh), sería: setenv LD_LIBRARY_PATH .

Los comandos anteriores solo logran que la variable de ambiente este configurada con el directorio actual mientras esté abierta la sesión, una vez que cierre la sesión, dicha configuración se perderá, cuando se abra nuevamente la sesión y se quiera otra vez actualizar la variable, se tendrá que introducir nuevamente los comandos. Para que el valor de la variable quede permanente, se requiere modificar el fichero de configuración “bash” y volver a cargar su entorno, para esto se tiene que modificar un archivo oculto dentro del directorio “home” del usuario en cuestión y que también depende del “shell” y de la distribución de Linux utilizados. Por ejemplo, en Ubuntu y el shell bash, se tendrá que modificar el archivo oculto .bashrc e introducir los comandos respectivos para este tipo de “shell”.

Otra manera de poder utilizar la librería dinámica creada es copiarla en donde radican las librerías de la máquina virtual de java, por ejemplo, en Ubuntu es: /usr/lib/jvm/java-6-openjdk/jre/lib/i386/ y en Fedora es: /usr/lib/jvm/java-1.6.0-openjdk-1.6.0.0/jre/lib/i386.

Tomar en cuenta que los nombres pueden variar según la versión de la máquina virtual de Java y la distribución de Linux donde este instalada.

Una vez que se tiene la librería según la configuración realizada, se prueba con un programa en java que haga uso de esa librería. La siguiente aplicación configura el puerto serie de Linux, ya sea el /dev/ttyS0 o /dev/ttyS1, equivalentes a COM1 o COM2 para sistemas operativos Windows. La configuración consiste en definir la velocidad en baudios, los bits de datos, la paridad utilizada y los bits de parada empleados en cada trama del tren de pulso. Una vez configurado el puerto, el programa envía caracteres de control serie a una tarjeta que contiene un pic16f783 que recibe éstos caracteres de control para activar un motor pasa a paso (PAP) y rotarlo a la derecha o a la izquierda o lograr detenerlo. El motor esta acoplado vía un engranaje a una tenaza, la cual abre o cierra según la rotación del motor.

Las partes importantes del código se mencionan a continuación:

```
import java.util.*;  
import java.io.*;  
import java.util.Scanner;  
class ArtTX  
{  
    ...  
    ...  
    public static void main(String[] args)throws IOException  
    {  
        ArtTX p= new ArtTX();  
        RxHilo rx = new RxHilo();
```



```
char carac,c;
int xr=10; int yr=10;//controlan la ubicacion del caracter recibido
int xt=10;int yt=18;//controlan la ubicacion del caracter transmitido
String baudios,datos,parid,bparo;
String conf="stty -F /dev/";//parametro comun a los 2 ptos
String flujo="-crtcts ";
int sel,enlace,resconf,abr;
Anexos ax = new Anexos();
Serial config = new Serial();
```

```
...
...
```

```
}
```

Se observa que en el método principal del código de la aplicación ArtTX, se crea un objeto de la clase Serial, en esta clase se llama al método nativo likyhard, como se muestra a continuación:

```
import java.util.*;
import java.io.*;
class Serial
{
    ...
    ...
    ...
    static
    {
        System.loadLibrary("likyhard");
    }
    public int AbrirPto(int pto)
    {
        int puerto=pto;
        int ret;
        ret=new Liky().Abrir(puerto);
        return ret;
    }
    public void Pausa(int seg)
    {
        int segs=seg;
        System.out.println("segundos: "+segs);
        new Liky().Dormir(segs);
    }
    public void CerrarPto()
    {
        new Liky().Cerrar();
    }
    public void Enviarpto(char carac)
    {
        char cara = carac;
        new Liky().EnviarPto(cara);
    }
    public char Leerpto()
```



```
{
    char car;
    car=new Liky().LeerPto();
    return car;
}
}
```

Observar también que dentro de ésta clase se realiza el llamado a métodos contenidos en la clase Liky, que a su vez tiene todas los métodos nativos relacionados con el manejo del puerto USB-Serie:

```
class Liky
{
    public native int Abrir(int pto);
    public native void Cerrar();
    public native void Dormir(int tmp);
    public native char LeerPto();
    public native void EnviarPto(char car);
    public static void main(String[] args)
    {
        int pto=0;
        int tmp=0;
        char car='\0';
        new Liky().Abrir(pto);
        new Liky().Cerrar();
        new Liky().Dormir(tmp);
        new Liky().LeerPto();
        new Liky().EnviarPto(car);
    }
    static
    {
        System.loadLibrary("likyhard");
    }
}
```

Para poder utilizar el cable USB-Serie en lugar del puerto físico serie, debido a que ya no se encuentra presente en las computadoras actuales, se tiene que renombrar el archivo de control de dispositivo que maneja el puerto Serie (/dev/ttyS0 o /dev/ttyS1) y crear un enlace al archivo de control que maneja el dispositivo USB (/dev/ttyUSB0 o /dev/ttyUSB1) por medio del nombre de archivo /dev/ttyS0 o /dev/ttyS1 con los enlaces respectivos.

```
public int crearenlace(int sx)
{
    int result=0;
    if(sx==0)
    {
        File path = new File("/dev/ttyUSB0");
        if(path.exists())
        {
```



```
File s0 = new File("/dev/ttyS0_0");
File usb0 = new File("/dev/ttyUSB0");
if(!s0.exists() && usb0.exists())
{
    try
    {
        Process p = Runtime.getRuntime().exec("mv
        /dev/ttyS0 /dev/ttyS0_0");
        Process l = Runtime.getRuntime().exec("ln -s
        /dev/ttyUSB0 /dev/ttyS0");
    }
    catch(Exception e)
    {
        System.out.println(e.toString());
    }
}
result=1;
```

Al finalizar el programa, se eliminan los enlaces creados y se restablecen los archivos originales para que no afecte el programa al sistema:

```
public int elimin(int ex)
{
    int ret=0;
    if(ex==0)
    {
        try
        {
            Process p = Runtime.getRuntime().exec("rm /dev/ttyS0");
            Process l = Runtime.getRuntime().exec("mv /dev/ttyS0_0
            /dev/ttyS0");
            ret=1;
        }
        catch(Exception e)
        {
            System.out.println(e.toString());
        }
    }
}
```

Por supuesto que debe estar conectado el cable USB-Serie para que el programa pueda continuar, controlado por la variable entera result, en caso contrario el programa finaliza informándole a usuario que debe conectarlo.

4 CONCLUSIONES

Aunque hoy en día muchos programadores de lenguaje orientados a objetos u orientados a eventos menos precian al Lenguaje C, a pesar que éstos están basados en dicho lenguaje, como es el caso de Java, C++ o el propio C#, lenguaje central de la plataforma .Net de Microsoft, con el



presente artículo se demuestra que es necesario conocer lenguaje C, que se cataloga como un lenguaje de nivel medio, es decir, porque contiene estatutos de alto nivel y estatutos que controlan el “hardware” directamente, como es el caso de los lenguajes de nivel bajo (ensamblador), ésta última característica, los lenguajes de alto nivel lo prohíben por ser considerado “código inseguro” para ellos (por ejemplo, el uso de punteros).

Estos lenguajes en sus librerías básicas no contienen clases o métodos que interactúen directamente con el “hardware”, y es cuando entra el factor de tener conocimientos del lenguaje C para realizar clases con sus respectivos métodos para poder controlar dicho “hardware” lográndose por medio del uso del código Nativo para crear librerías propias, y en éste caso en el lenguaje Java, para poder controlar el puerto Serie, que aunque ya existen otros tipos de “hardware” más avanzados, como por ejemplo, el control por radio frecuencia, no deja de ser la base para el entendimiento de cómo opera el código Nativo [4].

El puerto serie, a pesar de su antigüedad, continua utilizándose en muchas empresas, por ejemplo en la configuración de los “routers” de CISCO. Además en otro tipo de “hardware” como el caso de los puertos USB que se basan en la comunicación serie. Conociendo como aplicar el código Nativo para controlar el puerto serie, se facilitará aplicarlo para cualquier otro tipo de “hardware” que queramos utilizar en el futuro dentro de los lenguajes de alto nivel ya comentado



REFERENCIAS

1. Java Native Interface, <http://es.wikipedia.org/wiki/Java_Native_Interface>
2. Fernando López Hernández para Macprogramadores, pdf. [JNI: Java Native Interface - Mac Programadores](#)
3. Curso Programación Java, <http://www.publispain.com/supertutoriales/disenio/java/cursos/3/Cap8/escribe.html>
4. Mathematical Sciences Home Pages, pdf. [Http://homepage.cs.uiowa.edu](http://homepage.cs.uiowa.edu)



DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES CON METODOLOGÍAS ÁGILES: UTILIZANDO PROGRAMACIÓN EXTREMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SOFTWARE PARA ANDROID

Ramón Ventura Roque Hernández¹,
Felipe de Jesús Durán Hernández²,
Adán López Mendoza³,
Salvador Mota Martínez⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Comercio, Administración y Ciencias Sociales.

¹rvhernandez@uat.edu.mx, ²felipedhz@live.com.mx, ³alopez@uat.edu.mx, ⁴mota@uat.edu.mx

Resumen. El artículo expone la manera en la que el desarrollo de software para entornos móviles puede beneficiarse con la aplicación de las metodologías ágiles. Se contrasta la perspectiva teórica con los resultados prácticos obtenidos al utilizar la Programación Extrema (Extreme Programming) en el proceso de construcción de un software didáctico en el lenguaje Java para el Sistema Operativo Android. En este trabajo se enfatizan las experiencias de un grupo de programadores con habilidades diversas que trabajaron en conjunto para la obtención de una aplicación móvil en un corto tiempo de entrega.

Palabras clave.- Android, Programación Extrema, Java, Software, Agilidad.

Abstract. The paper describes the way in which the software development for mobile environments can benefit from the use of agile methodologies. Theoretical perspective is contrasted with the practical results obtained using Extreme Programming (Extreme Programming) in the process of building a learning software in Java for the Android OS. In this paper we emphasize the experiences of a group of programmers with diverse skills that worked together to obtain a mobile application in a short delivery time.

Key words.- Android, eXtreme Programming, Java, Software, Agility.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan las experiencias de un grupo de programadores con habilidades diversas que trabajaron en conjunto para la obtención de una aplicación móvil en un corto tiempo de entrega. El desarrollo fue experimental y se enfocó en la programación de una aplicación con fines didácticos utilizando Java para el sistema operativo Android siguiendo la metodología ágil denominada Programación Extrema (XP - eXtreme Programming). El artículo está estructurado de la siguiente manera: los antecedentes de las metodologías ágiles, la programación extrema y el desarrollo de aplicaciones para Android se abordan en el apartado 2. La descripción del desarrollo realizado y las características del producto se presentan en la sección 3. Los resultados obtenidos desde las perspectivas de investigadores y desarrolladores se exponen en el apartado 4. Finalmente se muestran las conclusiones y trabajo futuro en la sección 5.

2. ANTECEDENTES

2.1 Programación Extrema: una metodología ágil

Las metodologías ágiles de desarrollo de software aceptan que los requisitos del software poseen una naturaleza cambiante y son, además, difíciles de predecir; también están enfocadas al cliente y no exigen muchos requerimientos de documentación. En un entorno ágil se adoptan modelos iterativos e incrementales y se intercalan en ellos las actividades de



análisis, diseño y construcción [1]. Existen varias metodologías ágiles, cada una con un nivel distinto de madurez y con una perspectiva propia del proceso de desarrollo. Sin embargo, todas ellas están basadas en un conjunto de principios que se conocen como el manifiesto ágil [2], el cual contiene los fundamentos que los equipos de trabajo “ágiles” deben adoptar para entregar resultados [3].

Algunos de los principios del manifiesto ágil son: los integrantes del equipo de trabajo interactúan entre sí durante el proceso completo. Se busca establecer una mejor relación entre todos los participantes dejando que ellos mismos vayan organizando el entorno donde desarrollarán el software. También la comunicación con el cliente es esencial; se pretende que él sea parte importante del equipo de trabajo y que colabore activamente durante todo el proyecto. Se promueve la motivación, la calidad y la simplicidad. Por otra parte, se enfatiza el desarrollo rápido de software funcional y útil sin producir documentación innecesaria o adicional. Todo esto en un escenario de requerimientos cambiantes, cuya naturaleza se acepta ya que produce oportunidades de ventaja competitiva para al cliente.

eXtreme Programming (XP) [4] es una de las metodologías más maduras y más referenciadas en la literatura, que enfatiza la colaboración y la comunicación con el cliente y entre el equipo mismo. XP es una disciplina eficiente, de bajo riesgo, flexible, predecible, científica y divertida para desarrollar software [4] que recomienda que las iteraciones para la entrega del producto sean rápidas y comprendan de una a dos semanas como máximo (En la Tabla I se muestran sus principales características). En XP existen doce prácticas que actúan de manera sinérgica para producir rápidamente software estable y de buena calidad (Ver Tabla II); por ejemplo, la programación es realizada en grupos de dos personas que comparten un mismo equipo de cómputo en la denominada “pair programming” (programación por pares).

Tabla I

Característica	Descripción
Comunicación	Cliente y equipo de desarrollo trabajan en un mismo lugar. Énfasis en comunicación oral.
Organización	Cada equipo de cómputo es compartido por dos personas.
Énfasis	En prácticas de programación.
Tipo de proyectos desarrollados	Desde proyectos muy sencillos hasta proyectos de negocios. No se recomienda para seguridad crítica.
Ciclo de vida	Exploración, planeación, iteraciones, puesta en producción, mantenimiento.
Duración de las iteraciones	Una a dos semanas.
Tamaño del equipo completo de desarrollo	Hasta 20 personas.
Productos de trabajo	Tarjetas de historias de usuario (requerimientos), tarjetas CRC (diseño), listas de tareas específicas para las historias de usuario, gráficas necesarias para comunicarse.

Tabla I. Principales características de la Programación Extrema (XP).



Tabla II

Práctica	Descripción
Juego de planeación (Planning game)	Técnica para extraer y organizar los requerimientos del cliente con las historias de usuario. También se utiliza para organizar las actividades del equipo de desarrollo.
Entregas pequeñas	Se refiere a implementar la menor cantidad posible de historias de usuario en cada entrega con un sentido completo y un valor de negocios importante para el cliente.
Metáfora del sistema	Es la manera en la que el equipo conceptualiza al software a desarrollar. Con ella se establece un conjunto común de términos para la comunicación técnica y de negocios en el proyecto.
Diseño simple	Evitar la complejidad y las características innecesarias. Se debe lograr un diseño consistente con las metas del proyecto y que sea fácil de comunicar y entender.
Pruebas	Los programadores escriben las pruebas antes de realizar el código. Se debe escribir una prueba independiente y conservarla para todas aquellas situaciones que puedan desencadenar un error.
Refactorización	Es un proceso de simplificación que consiste en mejorar algo sin cambiar su funcionalidad con el objetivo de eliminar duplicidad. Se aplica al código, diseño, pruebas y procesos.
Programación por pares	Dos desarrolladores comparten una misma computadora para realizar su trabajo, de esta manera las decisiones de diseño son tomadas siempre por dos personas y ambas están involucradas con esa parte del sistema
Propiedad colectiva de código	Consiste en que cualquier persona puede cambiar el código en cualquier momento. Si una persona puede cambiar todo el código, entonces también es responsable de él.
Integración continua	Consiste en integrar los componentes de software tan frecuentemente como sea posible en una computadora especial para tal efecto. Al momento de realizar la integración, se deben ejecutar nuevamente las pruebas y asegurarse que todas fueron superadas.
40 horas de trabajo por semana	Con esta medida se intentan evitar las cargas de trabajo extremas ya que disminuyen la calidad del desarrollo. Si existiesen, indicarían serios problemas en el proyecto.
Cliente en el lugar de desarrollo	El cliente se debe encontrar en el mismo sitio donde el desarrollo se está llevando a cabo y debe permanecer ahí durante todo el ciclo de vida del proyecto.
Estándares de codificación	Se refiere al uso de reglas, convenciones, recomendaciones y buenas prácticas de programación que deben ser adoptadas por el equipo de desarrollo para garantizar la producción de software con un estilo uniforme, sin importar el programador que lo codificó.

Tabla II. Doce prácticas de la Programación Extrema (XP).

Las fases de un proyecto en XP son exploración, planeación, iteraciones, producción, mantenimiento y muerte del proyecto (Ver Figura 1). Durante la exploración se descubren los requerimientos del sistema. El cliente comunica de manera general lo que el sistema debe hacer, para lo cual se usan las historias de usuario, que son similares a los casos de uso y están escritos en un lenguaje no técnico. Durante esta fase también se realiza la metáfora del



sistema, que es la forma como el equipo conceptualiza el software que están desarrollando. Los desarrolladores estiman tiempos de implementación que posteriormente se van refinando. En la fase de planeación, los clientes y los desarrolladores hacen negociación sobre las historias de usuario que se incluirán en la entrega del sistema en una fecha determinada.

Las iteraciones son divisiones del trabajo total en periodos cortos. La primera iteración se centra en la arquitectura básica del sistema. A partir de las siguientes iteraciones, el sistema debe contener algún valor de negocios que continuará creciendo con el desarrollo del proyecto. En la fase de producción, el producto se verifica para ser utilizado en el ambiente de uso real del cliente; también se llevan a cabo los ajustes necesarios. La fase de mantenimiento es el estado normal de un proyecto en XP, es una etapa progresiva para realizar actualizaciones y cambios al software. Finalmente, la muerte del proyecto ocurre cuando ya no hay más historias de usuario para implementar, en cuyo caso se debe elaborar un reporte pequeño (de 5 a 10 paginas) para facilitar las modificaciones futuras.

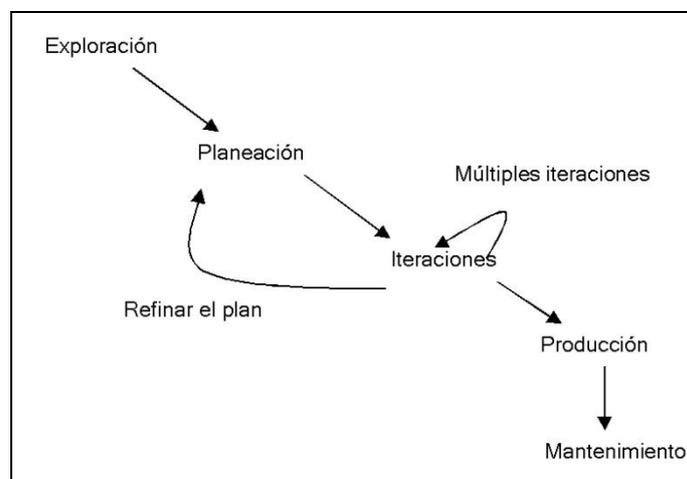


Figura 1. Fases del desarrollo de un proyecto en XP. Adaptado de [12].

2.2 Desarrollo de aplicaciones móviles para ANDROID

Android [5] es uno de los sistemas operativos para móviles más utilizados en el mercado mundial; su núcleo está desarrollado sobre la plataforma Linux y fue concebido para su implementación en dispositivos tales como teléfonos celulares y tabletas. La versión más reciente es la 4.2 (Jelly Bean), lanzada a final del año 2012, la cual cuenta con una mejorada interfaz gráfica y un destacado desempeño con el hardware.

La programación de aplicaciones para Android se realiza principalmente en Java o en C++, al ser los lenguajes oficiales de la plataforma propuestos desde su lanzamiento. Por una parte, el lenguaje Java permite la creación de aplicaciones que se ejecutan sobre la máquina virtual Dalvik, que fue optimizada para su desempeño en este sistema operativo al considerar la limitante de recursos computacionales en los dispositivos móviles; por otra parte, el Lenguaje C++ permite el desarrollo de aplicaciones nativas para esta arquitectura. También existen otras alternativas de lenguajes de programación para Android como por ejemplo, Basic para Android [6] y Mono [7] (con lenguajes de la plataforma .net) que si bien cuentan con versiones gratuitas, éstas son limitadas en funcionalidad. Las versiones completas tienen costo. Por el contrario, Java y C++ son alternativas de libre uso en cuanto a herramientas de desarrollo y compilación para Android se refiere.



2.3 Desarrollo de aplicaciones móviles con metodologías ágiles

En el mundo actual, el desarrollo de aplicaciones móviles responde a un mercado de usuarios con necesidades cambiantes que puede beneficiarse por el uso de metodologías ágiles, las cuales ponen a prueba la capacidad del equipo de trabajo para entregar productos de buena calidad a pesar de la volatilidad de sus requerimientos. El tiempo es otro factor que permite eslabonar las aplicaciones móviles con la agilidad. En el mercado, las aplicaciones móviles y sus actualizaciones deben estar disponibles en corto tiempo; en muchas ocasiones, incluso, cuidando de cerca los pasos que da la competencia para poder tener una ventaja estratégica.

La literatura indica que diversos trabajos en los últimos años han identificado que el desarrollo móvil no debería llevarse a cabo con una metodología tradicional o “pesada”, centrada en documentación o procesos tardados [8], [9]. El desarrollo debería ser más bien rápido y buscar la obtención de un producto final funcional, para lo cual, los principios ágiles han prometido ser útiles. Si bien es cierto que las metodologías ágiles son más antiguas que el desarrollo actual de aplicaciones móviles, sus principios subyacentes son directamente aplicables al entorno móvil. En los últimos años han surgido metodologías ágiles específicas para desarrollo de aplicaciones móviles (por ejemplo Mobile-D) [10], [11], las cuales, combinan distintas prácticas ágiles existentes y las ubican en el contexto concreto de los móviles, cuya naturaleza requiere consideraciones especiales.

3. EL TRABAJO REALIZADO

3.1 Descripción

Se trabajó con un grupo de siete programadores para desarrollar una aplicación didáctica para Android utilizando Java con el entorno Eclipse [13] y siguiendo la metodología ágil de Programación Extrema (XP).

La convocatoria para participar en este desarrollo experimental se extendió a alumnos de licenciatura en informática y de ingeniería en sistemas computacionales que contaran con un nivel de programación intermedio, que conocieran por lo menos un lenguaje de programación, preferentemente Java o C y que tuvieran las bases suficientes de diseño de aplicaciones para poder trabajar en el proyecto. Se aplicó una encuesta para seleccionarlos, así como un examen de conocimientos de programación. A los solicitantes se les ofreció un diploma con valor curricular siempre y cuando no faltaran ni llegaran tarde a las sesiones. No hubo remuneración económica.

Al iniciar el trabajo se les capacitó durante doce horas sobre el lenguaje Java para Android y sobre los fundamentos de la metodología XP; se contó con sesiones frecuentes de preguntas y respuestas para aclarar las dudas que tuvieran los programadores. Después de la capacitación, inició una segunda etapa de trabajo que duró ocho horas durante la cual se desarrolló el software solicitado siguiendo la metodología XP. Los programadores adoptaron el rol específico que debían cumplir y estuvieron conscientes de las tareas que debían realizar así como de los requerimientos y los tiempos disponibles para el producto final. Una persona ajena al equipo tomó el rol de cliente y permaneció con ellos en el lugar de desarrollo durante todo el proceso.

Los programadores escucharon al cliente, quien no les dio los requerimientos ya extraídos, sino simplemente expresó con una perspectiva de usuario final, unas necesidades previamente establecidas por el equipo de investigación (ver Tabla III). Los programadores tuvieron que extraer las historias de usuario, hacer estimaciones de tiempo, negociar con el cliente las historias que se considerarían en cada iteración, dividir las historias en actividades específicas,

asignar responsabilidades y hacer ajustes, siempre siguiendo los principios de XP y considerando los límites de tiempo establecidos (Ver Figura 2).

Para la obtención del producto final se hicieron dos iteraciones, durante las cuales se aplicó la programación por pares (Ver Figura 3). Los programadores llevaron a cabo una celebración simbólica con galletas y refresco al momento de terminar cada una de ellas como estímulo a su trabajo; estas celebraciones son recomendadas por la metodología para disminuir el nivel de stress, promover la convivencia, elevar la autoestima y mejorar el ritmo de producción dentro del equipo de trabajo.



Figura 2. Historias de usuario y actividades de programación.



Figura 3. Programación por pares.



3.2 Requerimientos del software desarrollado

Se solicitó una aplicación móvil en Java para Android que ayudara a ejercitar el razonamiento matemático en las personas que lo utilicen, debería tener mínimo tres niveles de dificultad: principiante, intermedio y avanzado; el usuario podría seleccionar entre realizar sumas, restas o multiplicaciones. Cada vez que el usuario diera un resultado correcto la aplicación debería informar al usuario que contestó correctamente mediante una imagen y un sonido, igualmente para cuando el usuario cometía un error. Si el usuario dejaba alguna respuesta en blanco, el programa debería informarle que existen entradas vacías. La aplicación también tendría un contador para el número de intentos de solución. El usuario podría darse por rendido en cualquier momento y la aplicación le mostraría el resultado correcto; también se podría comenzar un juego nuevo en cualquier momento y por último la aplicación debería proporcionar al usuario información breve acerca del nombre del equipo que la programó y la fecha de desarrollo, así como una ayuda sobre la manera de utilizar el software.

Para la construcción del programa completo se realizaron 2 iteraciones: en la primera se les planteó a los programadores una situación que involucraba los requerimientos de la Tabla III con las siguientes excepciones: únicamente se tomarían en cuenta dos niveles: principiante y avanzado, no se les pidió incorporar ayuda para usar el programa y se les solicitó que el programa tuviera una sola pantalla para toda la aplicación. En la segunda iteración, se modificaron intencionalmente los requisitos planteados originalmente: ahora deberían utilizar algún tipo de menú y diferentes pantallas; también deberían incorporar la ayuda para el uso del programa y un nivel intermedio para la generación de los problemas aritméticos.

TABLA III

- 1) Deberá tener 3 niveles de dificultad: principiante, intermedio y avanzado.
- 2) El nivel principiante generará números entre 1 y 200
- 3) El nivel intermedio generará números entre 1 y 600
- 4) El nivel avanzado generará números entre 1 y 1000
- 5) El usuario podrá seleccionar para cada problema, una de tres modalidades: suma, resta o multiplicación
- 6) La aplicación deberá generar siempre operaciones de dos números con la modalidad seleccionada, a las cuales el usuario deberá contestar.
- 7) Si el usuario contesta correctamente, la aplicación deberá informar al usuario que hizo un acierto.
- 8) Al realizar un acierto, la aplicación emitirá un sonido distintivo de acierto (diferente a los usados en clase) y mostrará una imagen acorde.
- 9) Si el usuario contesta incorrectamente, la aplicación deberá informar al usuario que cometió un error y que debe intentar nuevamente.
- 10) Al cometer un error, la aplicación emitirá un sonido distintivo de error (diferente a los usados en clase) y mostrará una imagen acorde.
- 11) La aplicación deberá validar las entradas vacías por parte del usuario.
- 12) La aplicación llevará cuenta de los intentos.
- 13) La aplicación debe permitir al usuario la posibilidad de generar un nuevo problema en cualquier momento.
- 14) La aplicación debe permitir al usuario la posibilidad de rendirse ante el problema planteado.
- 15) Si el usuario se rinde, la aplicación deberá mostrar el resultado correcto de la operación actual.



- 16) La aplicación deberá permitir al usuario la posibilidad de comenzar un nuevo juego en cualquier momento. Nota: Iniciar un nuevo juego significa empezar de cero y limpiar los valores actuales para los aciertos y los errores.
- 17) La aplicación deberá proporcionar al usuario información breve acerca del nombre del equipo que la programó y la fecha de desarrollo.
- 18) La aplicación deberá contar con una pantalla de ayuda sobre cómo utilizar el programa

Tabla III. Requerimientos del software elaborado.

3.3 Encuesta aplicada a los participantes

Al término del desarrollo de software, se les solicitó a los participantes evaluar los siguientes aspectos de acuerdo a su experiencia en ese proyecto en particular con XP: acerca de la metodología: su eficiencia general, facilidad de entenderla, facilidad de implementarla, facilidad de adaptarla; acerca de los integrantes del equipo: la comunicación entre ellos, su motivación y organización. Se debía utilizar una escala de 0 a 4, en donde 0 era la puntuación más baja y 4 la más alta. También se les pidió indicar su postura ante las siguientes afirmaciones: “La XP favorece sin duda el desarrollo rápido de aplicaciones móviles” y “Las metodologías ágiles (en general) son adecuadas para desarrollar aplicaciones móviles”. Para estas preguntas también se utilizó una escala de 0 a 4 en donde 0 indicaba completo desacuerdo y 4 representaba una postura de acuerdo total.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Perspectiva de los investigadores

Los investigadores destacan el hecho de que en el tiempo previsto se logró un producto final que cumplió con los requerimientos establecidos (ver Figura 4 y Figura 5). La aplicación de la metodología fue positiva en todos los aspectos ante la percepción de los investigadores. El grupo de desarrolladores cumplió con los tiempos establecidos para la entregas del software en cada iteración; se observó un excelente ambiente de trabajo, en donde cada integrante del equipo se retroalimentó de sus compañeros. Los programadores estuvieron trabajando en parejas, utilizando una sola computadora, lo que propició un ambiente de compañerismo y cooperación, que se vio fortalecido con las celebraciones simbólicas que se hicieron al final de cada iteración. El cliente aprobó el producto final, el cual cumplió con las pruebas especificadas. A petición de los conductores de la investigación, una persona completamente ajena al equipo que desconocía la aplicación que se había solicitado hizo una prueba de usabilidad del software final; este usuario no tuvo problemas en el manejo de la aplicación desarrollada y constató además su completa funcionalidad.

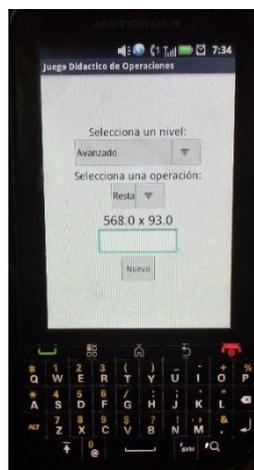


Figura 4. La aplicación después de la primera iteración.



Figura 5. La aplicación final después de la segunda iteración.

4.2 Perspectiva de los participantes

Los resultados de la encuesta mencionada en el apartado 3.3 muestran que la metodología XP fue bien evaluada por los desarrolladores participantes en el experimento. En general, la encontraron eficiente y de fácil adaptación. Sin embargo, la facilidad de entenderla e implementarla fue evaluada con una puntuación ligeramente menor. Por otra parte, la comunicación, motivación y organización del equipo también fueron aspectos bien ponderados (Ver Tabla IV).

TABLA IV

Criterio	N	Evaluación Mínima	Evaluación Máxima	Media	Desviación
Acerca de la metodología:					
Facilidad de entenderla	7	2	4	3.43	.787
Facilidad de implementarla	7	2	4	3.14	.900
Facilidad de adaptarla	7	3	4	3.57	.535
Eficiencia general	7	3	4	3.71	.488
Acerca de los integrantes del equipo:					
Comunicación entre ellos	7	3	4	3.71	.488
Motivación de ellos	7	3	4	3.86	.378
Organización del equipo	7	3	4	3.29	.488
N válido	7				

Tabla IV. Evaluación de la experiencia por parte de los desarrolladores.

En cuanto a la postura de los desarrolladores ante las metodologías ágiles, el 71.4% de los participantes estuvo completamente de acuerdo en que la XP favorece el desarrollo rápido de aplicaciones móviles; el resto estuvo solamente de acuerdo o se mantuvo en una postura neutral (Ver Tablas V y VI). Al generalizar la afirmación y cuestionar si las metodologías ágiles (no solo XP) eran adecuadas para el desarrollo de aplicaciones móviles, las respuestas estuvieron más divididas (solamente el 42.9% estuvo completamente de acuerdo). Sin embargo, igual que para la pregunta anterior, el resto de las respuestas se mantuvo en el rango más alto de la escala (Ver Tablas V y VII).



TABLA V

Afirmación	N	Evaluación Mínima	Evaluación Máxima	Media	Desviación
La XP favorece sin duda el desarrollo rápido de aplicaciones móviles	7	2	4	3.57	.787
Las metodologías ágiles son adecuadas para desarrollar aplicaciones móviles	7	2	4	3.14	.900
N válido (según lista)	7				

Tabla V. Postura de los desarrolladores ante las metodologías ágiles.

TABLA VI

Evaluación	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
2	1	14.3	14.3
3	1	14.3	28.6
4	5	71.4	100.0
Total	7	100.0	

Tabla VI. Tabla de frecuencia para las posturas de los programadores ante “La XP favorece sin duda el desarrollo rápido de aplicaciones móviles”.

TABLA VII

Evaluación n	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
2	2	28.6	28.6
3	2	28.6	57.1
4	3	42.9	100.0
Total	7	100.0	

Tabla VII. Tabla de frecuencia para las posturas de los programadores ante “Las metodologías ágiles son adecuadas para desarrollar aplicaciones móviles”.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se expuso un panorama de la Programación Extrema y de la manera en la que el desarrollo de aplicaciones móviles puede beneficiarse con ésta y otras metodologías ágiles. Como un caso de estudio particular, se presentaron los resultados preliminares de un desarrollo experimental en el que se utilizó la Programación Extrema para obtener una aplicación móvil para el sistema operativo Android utilizando Java como lenguaje de programación. Se abordaron los resultados desde la óptica de los conductores de la investigación y desde la perspectiva de los programadores participantes.



El desarrollo experimental reveló que tal como se indica en la mayor parte de la literatura, las prácticas de XP pueden ser benéficas en la construcción de aplicaciones móviles de buena calidad. El software obtenido al final del proceso se terminó a tiempo y fue concordante con los requerimientos planteados al inicio. La percepción general acerca de la Programación Extrema en el desarrollo de aplicaciones móviles fue muy favorable por parte de investigadores y programadores.

Como trabajo futuro derivado de este mismo desarrollo, queda analizar completamente las respuestas obtenidas a otras preguntas planteadas a los participantes y realizar una comparación entre los resultados obtenidos con Programación Extrema y otra metodología ágil (Scrum) bajo las mismas circunstancias. También se propone replicar el experimento con proyectos más complejos que requieran mayor tiempo de desarrollo y la intervención de programadores más experimentados.

REFERENCIAS

- [1] R. Pressman, *Ingeniería del Software: un enfoque práctico*, (McGrawHill, México, D.F.), (2010).
- [2] K. Beck, M. Beedle, A. v. Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, S. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland y D. Thomas, «Portal web del manifiesto ágil,» [En línea]. agilemanifesto.org. [Último acceso: 01 03 2013].
- [3] P. Letelier y M. Penadés, «Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP),» *Técnica Administrativa*, vol. 5, nº 26, 2006.
- [4] K. Beck y C. Andres, *eXtreme Programming explained. Embrace Change.*, (Addison Wesley, Estados Unidos), (2004).
- [5] J. Gironés, *El gran libro de Android*, (Marcombo, España), 2010.
- [6] «Basic 4 Android,» Anywhere Software, [En línea]. Available: <http://www.basic4ppc.com/>. [Último acceso: 01 03 2013].
- [7] X. Software, «Mono for Android,» [En línea]. Available: <http://xamarin.com/monoforandroid>. [Último acceso: 01 03 2013].
- [8] P. Abrahamsson, *International Conference on Software Development*, "Mobile software development - the business opportunity of today", (Iceland), (2005).
- [9] P. Blanco, J. Camarero, A. Fumero, A. Warterski y P. Rodríguez, «Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone»,(2009).
- [10] P. Abrahamsson, T. Ihme, K. Kolehmainen, P. Kyllönen y O. Salo, «Mobile-D for Mobile Software: How to Use Agile Approaches for the Efficient Development of Mobile Applications,» (2005).
- [11] A. C. Spataru, "Agile Development Methods for Mobile Applications," University of Edinburgh, (2010).
- [12] Baird Steward. *Teach yourself Extreme Programming in 24 hours*. (Sams Publishing, Estados Unidos), (2002).
- [13] «Eclipse» Eclipse [En línea]. Available: <http://www.eclipse.org/>. [Último acceso: 01 03 2013].



DETECCIÓN DE *TRYPANOSOMA CRUZI* EN IMÁGENES OBTENIDAS A PARTIR DE MUESTRAS SANGUÍNEAS

Roger Soberanis Mukul, Víctor Uc Cetina, Carlos Brito Loeza, Hugo Ruiz Piña

Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi

rodsom22@gmail.com, ucetina@uady.mx, carlos.brito@uady.mx, rpina@uady.mx

Resumen

Este trabajo presenta un proceso para la detección de parásitos *Trypanosoma cruzi* en imágenes obtenidas a partir de muestras sanguíneas tratadas con tinción Wright. *Trypanosoma cruzi* es un protozooario parásito causante de la enfermedad de Chagas, la cual afecta principalmente a la población latinoamericana. La principal contribución de este trabajo es un método de segmentación de dos etapas que separa las regiones teñidas del resto de la imagen. Posterior a la segmentación, se realiza una clasificación binaria sobre los objetos segmentados con el objetivo de discriminar los resultados de la segmentación como parásito o no parásito. En esta última etapa se compara el desempeño de un clasificador entrenado con AdaBoost contra el algoritmo de los k vecinos más cercanos.

Abstract

In this article a computational methodology for the detection of *Trypanosoma cruzi* parasites in blood sample images treated with Wright stain is introduced. *Trypanosoma cruzi* is a protozoan parasite that causes the Chagas disease, which mainly affects the Latinamerican population. The main contribution of this article is a segmentation method that works in two stages. In the first stage our method separates the stained regions of the image from those regions not stained. In the second stage, a binary classification is performed on the segmented objects in order to discriminate them in parasites or non-parasites. A comparison between one classifier trained using AdaBoost and another one trained using k nearest neighbors is provided.

1. INTRODUCCIÓN

En México y Latinoamérica en general está presente una enfermedad crónica degenerativa causada por el protozooario parásito *Trypanosoma cruzi* (Fig. 1). Este padecimiento, conocido como Tripanosomiasis Americana o enfermedad de Chagas [2], es una enfermedad transmitida por medio de insectos hematófagos y una vez adquirida presenta dos fases. La primera fase, conocida como fase aguda, inicia con la entrada de los parásitos en el torrente sanguíneo del portador. La segunda fase es conocida como fase crónica y se caracteriza por su duración indeterminada. En esta segunda fase el parásito se reproduce en el tejido muscular, pudiendo afectar el corazón, lo que causaría la muerte del portador. Algunos autores identifican una fase intermedia, entre la fase aguda y la fase crónica, conocida como fase indeterminada, la cual se caracteriza por ser completamente asintomática [1]. El diagnóstico durante la fase aguda puede realizarse mediante un análisis sanguíneo, en el cual se realiza una búsqueda del parásito en la muestra.

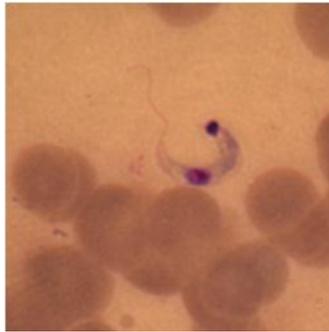


Figura 15. *Trypanosoma cruzi* en una muestra sanguínea.

En este trabajo se propone un proceso para la detección de *Trypanosoma cruzi* en imágenes de muestras sanguíneas tratadas con tinción Wright [8], a partir de algoritmos de visión computacional y aprendizaje automático. Una revisión del estado del arte demostró que se han realizado pocos estudios sobre la detección de *Trypanosoma cruzi* en muestras sanguíneas mediante métodos de visión artificial, en contraste con otras enfermedades parasitarias como la malaria. El proceso propuesto se compone de dos fases: una etapa de segmentación que se encarga de separar las regiones con potencial de contener al parásito del resto de la imagen y una etapa de clasificación que opera sobre los resultados de la segmentación para determinar cuales de estas regiones son parásito.

La segmentación propuesta se realiza mediante dos etapas que operan sobre la misma imagen de entrada. La Figura 1 presenta un ejemplo de las imágenes empleadas. Cada una de estas etapas realiza una segmentación sobre la imagen de entrada que al final son combinadas para obtener la segmentación final. La primera segmentación se obtiene tomando la diferencia de los canales verde y azul de la imagen en formato RGB. Posteriormente, el resultado es discriminado mediante un umbral, para determinar las regiones de interés. El segundo proceso de segmentación es realizado mediante un clasificador Gaussiano, el cual divide los píxeles en dos regiones: teñidos y no teñidos.

La segunda fase del proceso realiza una clasificación binaria sobre los resultados obtenidos durante la segmentación. En esta fase se comparó el desempeño de dos algoritmos de clasificación: los k vecinos más cercanos y un clasificador basado en características parecidas al tipo Haar entrenado con AdaBoost.

El documento está estructurado como sigue: en la sección 2 se presentan algunos trabajos previos realizados en la detección de parásitos en la sangre, particularmente, *trypanosoma cruzi* y *Plasmodium*. En la tercera sección se presenta el método de segmentación propuesto. La sección 4 describe los clasificadores empleados, finalmente, la sección 5 presenta los resultados y la sección 6 las conclusiones sobre este trabajo.

2. TRABAJOS PREVIOS

Entre los trabajos enfocados a la detección de *Trypanosoma cruzi*, Lujan [4] propone el desarrollo de un instrumento portable que permita la detección de la enfermedad con base al análisis sanguíneo. El dispositivo cuenta con un sistema óptico provisto de una cámara para la adquisición de las imágenes. El controlador de este dispositivo fue implementado con un arreglo de compuertas de campo programable (FPGA, por sus siglas en inglés), el cual es un arreglo de compuertas lógicas reconfigurable cuya programación puede realizarse mediante



lenguajes de descripción de hardware. El sistema es capaz de realizar un análisis de las imágenes para determinar la presencia de *Trypanosoma cruzi* en la muestra de sangre. Las imágenes son capturadas de un portaobjetos con una muestra de sangre, el cual es introducido en el dispositivo para iniciar el análisis. El método de análisis de imágenes propuesto está basado en el hecho de que el parásito es un ser vivo con capacidad de movimiento, gracias al flagelo que posee y por lo tanto, presentará un desplazamiento mayor que los componentes sanguíneos dentro de la muestra. Con base en lo anterior, el dispositivo recorre la muestra de forma automática posicionándose en una porción de la misma en cada paso del recorrido. Esta porción de la muestra es nombrada campo. Para cada campo del portaobjetos se captura una serie de imágenes, mismas que serán empleadas para detectar movimiento en ese campo. La detección de *Trypanosoma cruzi* se realiza de acuerdo al movimiento detectado en la muestra.

Varios trabajos relacionados con la detección de parásitos sanguíneos están relacionados con la detección de *Plasmodium*. Algunas especies de este género son causantes de la malaria.

G. Díaz [3] propone un método de segmentación basado en el espacio de color normalizado RGB empleando el método de los k vecinos más cercanos como método de clasificación fondo/objeto. El vector de características fue formado a partir de cinco histogramas: el histograma de color, un histograma de nivel de saturación, histograma de escala de grises, histograma de textura Tamura y el histograma Sobel. La dimensionalidad de cada histograma fue reducida para formar un vector final de 25 características. En la etapa de clasificación se evaluaron dos clasificadores. Un clasificador basado en un perceptrón multicapa y un clasificador basado en máquinas de vectores de soporte (SVM, por sus siglas en inglés). El clasificador SVM fue el que presentó el mejor desempeño.

En [9] se emplean métodos de umbralización y métodos morfológicos para la segmentación de los eritrocitos y parásitos. El algoritmo busca identificar la presencia de *Plasmodium* y clasificarlo por especie. Para esto se propone dos vectores característicos. El primero se basa en elementos comúnmente usados en métodos de detección de *Plasmodium*: descriptores geométricos, atributos del color y textura en niveles de grises. El segundo vector de características propuesto está compuesto, principalmente, por características cuantitativas de las células afectadas por las especies del parásito. El clasificador posee dos etapas. La primera determina la presencia de malaria y la segunda determina la especie. Un clasificador basado en una red neuronal de retropropagación es el encargado de realizar la clasificación en ambas etapas.

Purwar [6] emplea métodos de minimización de energía para obtener bordes y posteriormente, considerando la forma casi circular de los glóbulos blancos, emplea la transformada de Hough para realizar el conteo de los glóbulos blancos. Para determinar la presencia del parásito en la imagen emplea el método de agrupación k medias, el cual agrupa los datos de acuerdo al valor de sus medias.

3. ETAPA DE SEGMENTACIÓN

La segmentación es el proceso mediante el cual una imagen es dividida en varias regiones. Para los propósitos de este trabajo la imagen fue segmentada en dos regiones. La primera está conformada por el fondo, es decir, aquellos elementos de la imagen que no son de interés. Está compuesto principalmente por aquellos elementos no teñidos por el colorante. En contraste, la segunda región, nombrada como región de interés, está conformada por los elementos teñidos entre los cuales podría encontrarse el parásito.



Las imágenes fueron procesadas en el espacio de color RGB [11], en el cual cada pixel es representado mediante tres cantidades (también llamadas canales) que indican las intensidades de rojo, verde y azul del color. Con base a lo anterior, un pixel \vec{p}_{rgb} en una imagen I es representado por un vector de tres dimensiones:

$$\vec{p}_{rgb} = \begin{pmatrix} \hat{e}_r u \\ \hat{e}_g u \\ \hat{e}_b u \end{pmatrix} \quad (1)$$

donde las entradas r, g, b representan las intensidades de rojo, verde y azul que conforman el color del pixel.

Para obtener la segmentación final, los resultados de dos algoritmos de segmentación son combinados. Ambos algoritmos operan independientemente sobre la misma imagen de entrada. El proceso realizado por cada algoritmo se describe a continuación.

3.1. Diferencia de Canales

El primer método de segmentación nombrado como diferencia de canales, se basa en las propiedades que la imagen adquiere como consecuencia de la tinción realizada a la muestra. El canal azul, en conjunto con el canal verde, aportan información relevante que permiten identificar una o ambas estructuras celulares presentes en el cuerpo del parásito, junto con algunos elementos de poco interés. En un pixel perteneciente al cinetoplasto del parásito se observó que, el canal azul presenta valores mayores, en comparación con el canal verde del mismo pixel. También se observó que esta propiedad es menos frecuente en los pixeles no teñidos correspondientes al fondo de la imagen. Por lo tanto, se decidió restar los canales azul y verde de un mismo pixel para compararlos y determinar si pertenecen a las estructuras celulares del parásito o si pertenecen al fondo de la imagen.

Dado un pixel en la posición (x, y) de una imagen I en formato RGB, la segmentación de la imagen se realiza con base al siguiente criterio de discriminación:

$$G(x, y) = \begin{cases} 1, & |I(x, y)_b - I(x, y)_g| > T \\ 0, & \text{otro} \end{cases} \quad (2)$$

donde $G(x, y)$ es el valor de la imagen segmentada en la posición (x, y) , $I(x, y)_b$ e $I(x, y)_g$ son los valores del canal azul y del canal verde, respectivamente, en la posición (x, y) de la imagen original y T es un umbral de discriminación. Entre los objetos segmentados, se encuentran glóbulos blancos y plaquetas, en adición a las estructuras celulares del parásito. La imagen central de la Fig. 2 muestra una imagen segmentada con este procedimiento. Al observar el comportamiento del algoritmo con diferentes umbrales, se decidió usar un valor de $T = 50$. Para eliminar los glóbulos blancos segmentados, se calculó el área de las regiones obtenidas y se descartaron aquellas que poseen un área mayor a 400 pixeles.



Figura 16. Imagen original, resultado de la segmentación por diferencia de canales y resultado de la discriminación de áreas.

3.2. Clasificador Gaussiano

El segundo método de segmentación empleado es un clasificador Gaussiano [5], el cual funciona como un clasificador binario en el que las clases se dividen en pixeles teñidos \bar{p}_s y pixeles no teñidos \bar{p}_{ns} . El clasificador emplea un modelo basado en el vector de medias y la matriz de covarianza de ambas clases. Para encontrar estos parámetros se obtuvieron dos conjuntos de pixeles, a partir de ejemplos claramente identificados como pertenecientes a cada uno de los dos conjuntos. El vector de medias de los componentes RGB de cada grupo esta dado por:

$$\bar{m}_p = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \begin{bmatrix} r_u \\ g_u \\ b_u \end{bmatrix} \quad (3)$$

es decir, la sumatoria de los canales de los pixeles del grupo dividido entre n , el total de pixeles disponibles dentro del grupo. Una vez calculado el vector de medias, la matriz de covarianza es calculada para cada clase, mediante la siguiente igualdad:

$$\text{cov}_p = E\{(\bar{p} - \bar{m}_p)(\bar{p} - \bar{m}_p)^t\} \quad (4)$$

donde E representa la esperanza, \bar{m}_p es el vector media de la distribución de pixeles y el superíndice t se refiere a la transpuesta del vector $(\bar{p} - \bar{m}_p)$. Una vez obtenidos estos parámetros se aplica el siguiente criterio de discriminación sobre cada pixel \bar{p}_u de la imagen a segmentar:

$$\{(\bar{p}_u - \bar{m}_s)^t \text{cov}_s^{-1} (\bar{p}_u - \bar{m}_s)\} - \{(\bar{p}_u - \bar{m}_{ns})^t \text{cov}_{ns}^{-1} (\bar{p}_u - \bar{m}_{ns})\} > T \quad (5)$$

donde \bar{m}_s y cov_s^{-1} son el vector media y la matriz de covarianza inversa obtenida de las muestras teñidas, \bar{m}_{ns} y cov_{ns}^{-1} son el vector media y la inversa de la matriz de covarianza obtenidos del conjunto de muestras no teñidas, T es un umbral de comparación y \bar{p}_u es el pixel a clasificar. Si la condición establecida por esta desigualdad se cumple, entonces \bar{p}_u es considerado como un pixel no teñido. El clasificador compara la distancia de Mahalanobis entre

\bar{p}_u con la distribución de píxeles teñidos respecto a la distancia de Mahalanobis entre \bar{p}_u y la distribución de píxeles no teñidos. En este sentido, T indica cuanto más cerca puede estar un pixel a la distribución de no teñidos, en comparación con su distancia a la distribución de teñidos y aún así ser como un pixel teñido. En este proyecto se asignó $T = 0$, por lo tanto, un pixel será asignado a la clase que esté más cercana a él.

Como resultado de esta segmentación, se obtienen regiones de interés que contienen al parásito, además de glóbulos blancos, plaquetas y artefactos correspondientes a residuos del tinte dispersos en el fondo. Este método segmenta una mayor área del parásito, sin embargo, también segmenta un mayor número de componentes sanguíneos. Debido a que varias de estas regiones presentan rangos de áreas similares a la del parásito, no es posible discriminar por área para eliminarlas. La Figura 3 presenta la imagen obtenida con este método.

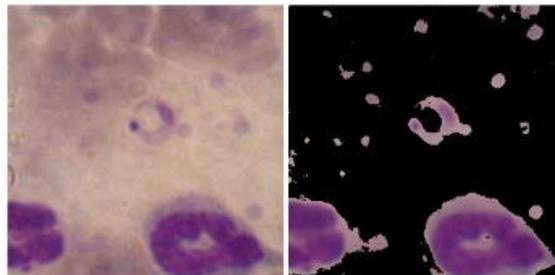


Figura 17. Imagen original y resultado de la segmentación Gaussiana.

3.3. Intersección de Resultados

Una vez que la imagen ha sido segmentada con los métodos anteriores, se combinan los resultados de ambos procesos de segmentación para reducir el número de regiones no deseadas en la segmentación final. El método de diferencia de canales encuentra únicamente las estructuras celulares del parásito junto con algunas plaquetas. El clasificador Gaussiano segmenta una mayor porción del parásito, pero incluye elementos indeseables en los resultados. Sin embargo, la mayoría de estos elementos indeseables no están presentes en los resultados de la segmentación por diferencia de canales. Por lo tanto, se toman como regiones de interés los resultados del clasificador Gaussiano que pertenezcan a la intersección de los resultados de ambos métodos de segmentación. Este criterio se fundamenta en que las estructuras celulares (segmentadas por la diferencia de canales) se encuentran contenidas en el parásito (segmentado por el clasificador Gaussiano). La Figura 4 resume los resultados obtenidos durante cada etapa del proceso de segmentación.

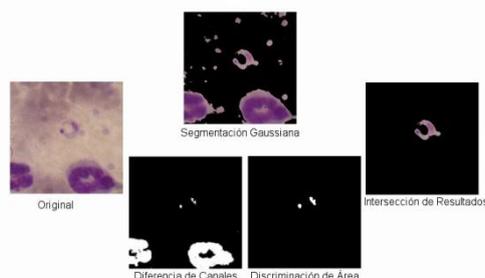


Figura 18. Etapas del proceso de segmentación y resultados obtenidos.

4. ETAPA DE CLASIFICACION

La segunda etapa del proceso realiza una clasificación binaria de los resultados de la segmentación con el objetivo de discriminar los elementos segmentados que no correspondan al parásito. Para esta etapa, se realizaron pruebas con un clasificador basado en características parecidas al tipo Haar entrenado con el algoritmo de aprendizaje AdaBoost. También se realizaron pruebas con el algoritmo de clasificación los k vecinos más cercanos.

El algoritmo de los k vecinos más cercanos [13] realiza la clasificación de un elemento con base a la distancia de éste respecto a un conjunto de ejemplos, cuya clase es conocida. La clasificación se realiza de acuerdo a la clase con mayor número de elementos dentro de los k ejemplos más cercanos al elemento a clasificar. Para realizar la clasificación, la imagen fue convertida a escala de grises y se empleó el histograma normalizado de la imagen en escala de grises, como vector representativo de la misma. La métrica de comparación empleada es la distancia Euclidiana definida como:

$$D(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2} \quad (6)$$

donde \vec{x} e \vec{y} son dos vectores N dimensionales. El número de dimensiones, en este caso, depende de número de entradas del histograma.

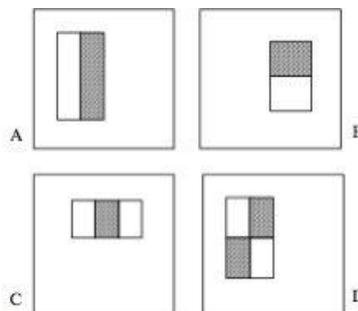


Figura 19. Características parecidas al tipo Haar.

AdaBoost [13] es un algoritmo empleado para generar un clasificador robusto con base al entrenamiento estratégico de un conjunto de clasificadores de bajo desempeño, que finalmente serán ponderados para obtener el clasificador final. Los clasificadores empleados están basados en características tipo Haar (Figura 5). Estas características operan sobre imágenes en escala de grises con dimensiones 24×24 , en donde cada pixel es representado por un único valor escalar que indica la intensidad del pixel. La respuesta de una imagen a estas características se obtiene sobreponiendo la característica sobre la imagen en escala de grises y tomando la diferencia de la sumatoria de los pixeles contenidos por la región clara menos la sumatoria de los pixeles contenidos por la región oscura (Figura 6).

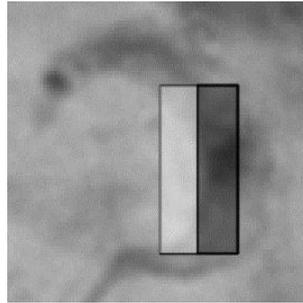


Figura 20. Característica parecida al tipo Haar sobre una imagen.

Los clasificadores débiles empleados presentan la siguiente forma:

$$h(X, f, p, q) = \begin{cases} 1, & pf(X) < pq \\ -1, & \text{otro} \end{cases} \quad (7)$$

donde X es una subimagen de tamaño 24×24 en escala de grises, q es un umbral de discriminación, $f(X)$ es la respuesta de la imagen a la característica Haar f y p puede ser 1 ó -1 e indica la dirección de la desigualdad. Para entrenar el clasificador se empleó el algoritmo presentado por Viola y Jones en [12]. Cabe mencionar que se entrenó únicamente un nodo de la cascada que se propone en el artículo mencionado.

5. RESULTADOS

Para realizar las pruebas se utilizaron 120 imágenes, de las cuales 60 corresponden a parásitos y 60 imágenes a fondo, glóbulos blancos y plaquetas. Se empleó el método de validación cruzada de 10 iteraciones para verificar el desempeño de los algoritmos. Para cada una de las 60 imágenes positivas se obtuvo la subimagen que contiene al parásito. Para las imágenes negativas se obtuvieron 60 subimágenes que contenían, fondo, glóbulos blancos y plaquetas entre otros artefactos ajenos al parásito, entendiéndose por fondo, aquellos elementos de la imagen que no contenían ninguna célula u otro elemento (Figura 7).

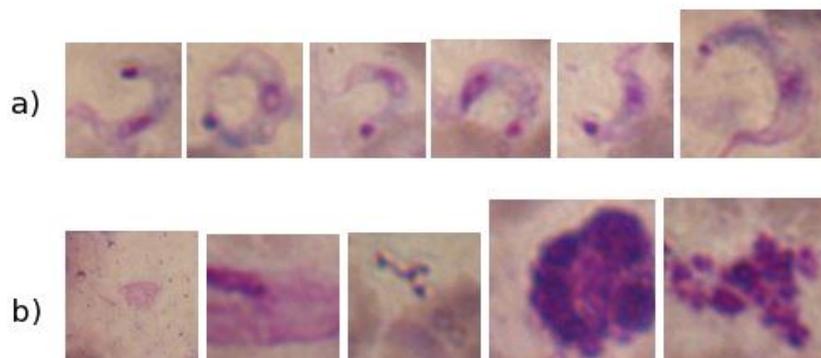


Figura 21. a) Subimágenes positivas y b) subimágenes negativas



Se realizaron 3 episodios de la validación cruzada de 10 iteraciones [7] con cada algoritmo, empleando las 120 subimágenes obtenidas para generar 10 subconjuntos de 12 imágenes en cada episodio. Cada uno de los 10 subconjuntos generados en los primeros dos episodios (referidos como episodio A y episodio B) contenían un número aleatorio de muestras positivas y negativas, es decir, el primer subconjunto podría contener 7 muestras positivas y 5 negativas mientras que el segundo subconjunto podría tener 3 muestras positivas y 9 negativas. El tercer episodio (Episodio C) contenía 10 subconjuntos compuestos por 12 subimágenes cada uno, de las cuales 6 correspondían a muestras positivas mientras que 6 correspondían a muestras negativas, seleccionadas de forma aleatoria en cada caso.

En cada iteración de la validación cruzada se calcularon dos valores de referencia: la sensibilidad y la especificidad [10], para verificar el desempeño del clasificador binario. La sensibilidad se define como la probabilidad de que el clasificador considere un ejemplo como positivo dado que el ejemplo es realmente positivo. Este valor se define de la siguiente forma:

$$se = \frac{vp}{vp + fn} \quad (8)$$

con vp los verdaderos positivos, es decir, los elementos clasificados correctamente como positivos y fn los falsos negativos, elementos clasificados erróneamente como negativos.

La especificidad, por otra parte, se refiere a la probabilidad de que un ejemplo sea considerado como negativo, dado que es realmente negativo. La especificidad es calculada de acuerdo a la siguiente igualdad:

$$es = \frac{vn}{vn + fp} \quad (9)$$

en este caso vn se refiere a los verdaderos negativos y fp hace referencia a los falsos positivos. Los primeros son ejemplos clasificados correctamente como negativos. Los falsos positivos se refieren a elementos erróneamente clasificados como negativos.

Los algoritmos fueron implementados en el lenguaje de programación C++, empleando la biblioteca para procesamiento de imágenes y visión computacional OpenCV para manipular las imágenes.

Para la etapa de segmentación, el umbral de la resta de canales fue establecido en 50. Las pruebas realizadas mostraron que umbrales superiores a éste incrementan el número de artefactos. El área mínima para que un objeto sea considerado de interés se estableció en 45 y el área máxima en 400, por lo que cualquier objeto que no se encuentre dentro de este rango será despreciado. El umbral del clasificador Gaussiano se estableció en cero. La Figura 8 presenta algunos resultados obtenidos durante la segmentación

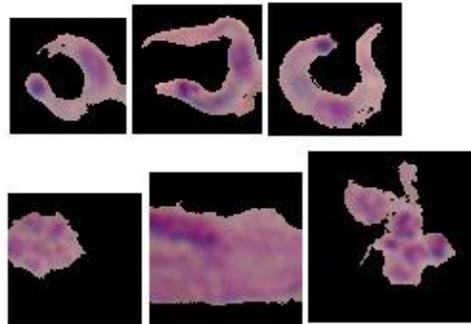


Figura 22. Resultados de la etapa de segmentación.

Posterior al proceso de segmentación las imágenes que contenían elementos segmentados fueron procesados por los clasificadores. Para el algoritmo de los k vecinos más cercanos, se definió que cada entrada del histograma registre las ocurrencias de 20 píxeles, dentro de los 256 valores posibles en una imagen en escala de grises. Lo anterior es con el objetivo de reducir la dimensionalidad del histograma y se considero un número de 50 vecinos para realizar la clasificación. Las tablas I y II muestran la sensibilidad y especificidad obtenidas durante la validación cruzada empleando la segmentación propuesta y posteriormente clasificando con los k vecinos más cercanos.

Tabla II

	lt. 1	lt. 2	lt. 3	lt 4	lt. 5	lt. 6	lt. 7	lt. 8	lt. 9	lt. 10	Media
Ep. A	0.875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.987
Ep. B	1	1	1	0.8 3	1	1	1	1	1	1	0.983
Ep. C	1	0.8 3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.983

Tabla III

	lt. 1	lt. 2	lt. 3	lt 4	lt. 5	lt. 6	lt. 7	lt. 8	lt. 9	lt. 10	Media
Ep. A	0.8	1	1	0.5 7	0.77 8	0.7 5	1	0.7 1	1	0.88	0.85
Ep. B	0.5	0.6 7	1	0.8 3	1	0.7 5	0.8 3	0.6 2	1	0.87	0.808
Ep. C	0.5	1	0.8 3	0.6 7	1	0.8 3	0.8 3	1	1	0.67	0.833

Las mismas pruebas fueron realizadas, pero ahora empleando el clasificador entrenado con AdaBoost como discriminador final. No se realiza alguna segmentación previa durante el



proceso de aprendizaje. Los resultados de la segmentación no son procesados directamente por este clasificador, en lugar de eso se emplea la subimagen original de entrada en los casos donde la segmentación es exitosa. La sensibilidad y la especificidad para el clasificador general con AdaBoost como etapa de discriminación se muestran en las Tablas III y IV respectivamente.

Tabla IV

	lt. 1	lt. 2	lt. 3	lt. 4	lt. 5	lt. 6	lt. 7	lt. 8	lt. 9	lt. 10	Media
Ep. A	0.57	0.8 7	0.7 1	0.6	0.6 7	0.6 2	1	0.8	1	1	0.785
Ep. B	0.875	0.5	0.7 1	0.6 7	0.7 5	0.8 7	1	0.7 5	0.86	1	0.799
Ep. C	0.83	0.8 3	0.8 3	0.8 3	0.8 3	0.5	0.8 3	0.8 3	1	0.83	0.817

Tabla V

	lt. 1	lt. 2	lt. 3	lt. 4	lt. 5	lt. 6	lt. 7	lt. 8	lt. 9	lt. 10	Media
Ep. A	0.1	1	1	1	1	1	1	0.8 6	1	1	0.986
Ep. B	1	1	1	1	1	1	1	0.8 7	1	1	0.987
Ep. C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

La Figura 9 presenta algunos resultados obtenidos de aplicar el proceso completo sobre las imágenes completas. Los resultados del algoritmo de segmentación definieron una región de búsqueda para los algoritmos de clasificación en la imagen. Las imágenes empleadas tienen dimensiones de 256 ´ 256.

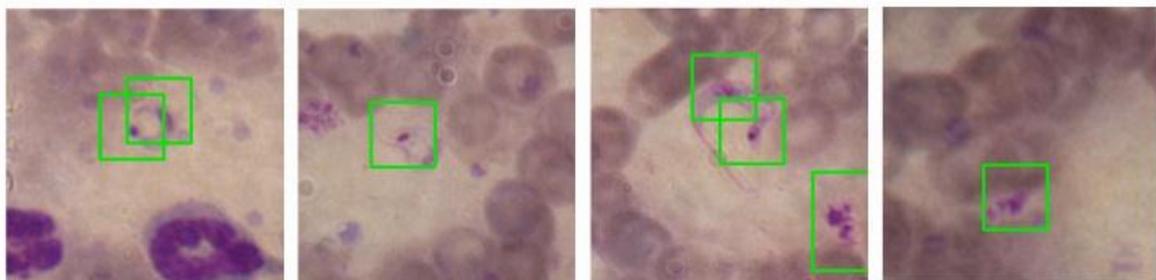


Figura 23. Resultados de aplicar el proceso de detección sobre imágenes de 256 ´ 256.



6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado un algoritmo para la segmentación de *Trypanosoma cruzi* en imágenes de muestras sanguíneas tratadas con tinción Wright. La segmentación pudo realizarse gracias a las propiedades que obtiene la imagen debido al colorante. Los resultados obtenidos con el conjunto de imágenes muestran un buen desempeño. Por otra parte, el método es sensible al color, por lo tanto, se ve afectado por el colorante disperso en la muestra. La aparición de manchas de colorante en la muestra depende de la experiencia de la persona encargada de realizar tinción.

Los k vecinos más cercanos, como método de discriminación, demostraron tener alta sensibilidad, es decir, clasifican correctamente los ejemplos positivos, sin embargo, no muestran ventaja al momento de clasificar los elementos negativos, algunos de los cuales son asignados erróneamente como positivos. AdaBoost, por otra parte, mostró un mejor desempeño ante los ejemplos negativos, con un menor número de falsos positivos, aunque con el precio de incrementar los falsos negativos o, equivalentemente, clasificar erróneamente elementos positivos como si fueran negativos.

Los trabajos futuros están orientados a refinar el algoritmo de segmentación, de forma que presente insensibilidad ante las diversas muestras realizadas por diversos laboratorios, contemplando el uso de otras técnicas de tinción, como la tinción Giemsa. Además se consideran incrementar el número de imágenes que conforman nuestra base de datos. Al aumentar el número de ejemplos disponibles para el entrenamiento de nuestros modelos, se espera desarrollar algoritmos más robustos. Otra línea de investigación prometedora consiste en paralelizar los algoritmos usando programación CUDA, con el objetivo de reducir el tiempo de procesamiento de las imágenes.



REFERENCIAS

- [1] Centro Nacional de Diagnóstico e Investigación de Endemoepidemias. *Guía para la atención del paciente infectado con Trypanosoma Cruzi (Enfermedad de Chagas)*, Noviembre 2006.
- [2] Chagas, C. Nova tripanozomíaze humana. *Estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo do Schizotrypanum cruzi n. gen. n. sp., agente etiológico de nova entidade mórbida do homen.* 159–218, (1909).
- [3] Díaz, G., González, F., and Romero, E. *Journal in Biomedical Informatic*. “A semi-automatic method for quantification and classification of erythrocytes infected with malaria parasites in microscopic images”. 296–307, (2009).
- [4] Luján, E. *Un sistema dedicado para detectar trypanosoma cruzi en sangre*, 2011.
- [5] Phung, S. L., Bouzerdoum, A., and Chai, D. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. “Skin segmentation using color pixel classification: analysis and comparison”. 148–154, (2005).
- [6] Purwar, Y., Shah, S., Clarke, G., Almugairi, A., and Muehlenbachs, A. *Malaria Journal*. “Automated and unsupervised detection of malarial parasites in microscopic images”. (2011).
- [7] Refaeilzadeh, P., Tang, L., and Liu, H. *Encyclopedia of Database Systems*. “Cross-validation”. (2009).
- [8] Rojas, Y. *Estandarización del frotis sanguíneo y su tinción para facilitar el reconocimiento microscópico de Trypanosoma cruzi (Kinetoplastida:Trypanosomatidae) en un dispositivo automatizado*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, 2012.
- [9] Ross, N., Pritchard, C., Rubin, D., and Dusé, A. *Med Biol Eng Comput*. “Automated image processing method for the diagnosis and classification of malaria on thin blood smears”. 427–436, (2006).
- [10] Spitalnic, S. Test properties i: Sensitivity, especificity, and predictive values. (2004).
- [11] Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, (2010).
- [12] Viola, P., and Jones, M. *International Journal of Computer Vision*. “Robust real-time face detection”.137–154, (2004).
- [13] Wu, X., and Kumar, V. *The Top Ten Algorithms in Data Mining*. Taylor & Francis Group, (2009).



DIGITALIZACIÓN DE OBJETOS GEOMÉTRICOS APLICADOS A LA SEGURIDAD DE INFORMACIÓN

MARCO ANTONIO CASTILLO RUBI

Universidad Politécnica del Valle de Toluca

mac@math.cinvestav.mx

RESUMEN

Una rama de las matemáticas es la topología, que es el estudio de objetos geométricos que se pueden deformar continuamente. El problema fundamental de la topología es: Dados dos objetos geométricos, decidir si son iguales en el mundo de la topología (homeomorfos), es decir si uno se puede deformar en el otro continuamente. Existen objetos geométricos especiales que se les puede asignar un código en base diez, éste trabajo se trata de aplicar tal codificación a problemas que tiene la seguridad de información, se proponen una serie de protocolos que enriquezca a la área de la Criptografía. También se analiza de forma general que pasaria con los protocolos si existiera una Computadora Cuántica eficiente en este momento, donde afortunadamente notamos que los protocolos propuestos resistirán la era de las computadoras cuánticas, y no así los protocolos que se utilizan en la actualidad como el algoritmo RSA para enteros modulares y curvas elípticas, que gobiernan la seguridad de información en el mundo.

ABSTRACT

A branch of mathematics is topology, which is the study of geometric objects that can be deformed continuously. The fundamental problem of topology is: Given two geometric objects, decide if they are equal in the world of topology (homeomorphic), ie if one can be continuously deformed into the other. There are special geometric objects can be assigned a code in decimal, this work seeks to apply such coding problems facing information security, we propose a series of protocols that enrich the area of cryptography. It also discusses in general what would happen if there were protocols efficient quantum computers now, where fortunately we note that the proposed protocols will resist quantum computer age, and not the protocols used today as the algorithm RSA integer modular elliptic curves, governing security of information in the world.

CRIPTOGRAFÍA EN OBJETOS GEOMÉTRICOS

La criptografía es el estudio de las técnicas matemáticas relacionadas con los aspectos de seguridad de la información tal como: la confidencialidad, la integridad de datos, la autenticidad y el no rechazo. Desglosemos brevemente tales aspectos:

- 1.- La confidencialidad. Es usada para guardar el contenido de información, donde sólo las personas autorizadas pueden saber el contenido de dicha información.
- 2.- La integridad de datos. Se refiere a la alteración no autorizada de datos.
- 3.- La autenticación. Es relacionado con la identificación.
- 4.- El no rechazo impide a una entidad negar los compromisos anteriores o acciones anteriores.



Hay dos tipos de criptografía: Criptografía simétrica o de clave privada y criptografía asimétrica o de clave pública. La criptografía de clave pública se desarrolló en los años 70 y utiliza complicados algoritmos matemáticos relacionados con teoría de números, curvas elípticas, grupos infinitos no conmutativos, teoría de gráficas, teoría del caos, etc.

La criptografía ha encontrado en las Matemáticas una forma poderosa de basar su seguridad en problemas que computacionalmente son difíciles de resolver, por ejemplo: Dado un número entero (de por lo menos doscientos dígitos) no existe un algoritmo de complejidad polinomial que lo factoriza en primos, o de forma análoga: dado un numero entero (de por lo menos doscientos dígitos), nos preguntamos si ese número es primo. No existe un algoritmo de tiempo polinomial que resuelva este problema. Cabe mencionar que el algoritmo RSA, basa su seguridad en la factorización de primos grandes, este algoritmo es el que más se utiliza en la actualidad. La matemática que se desarrolla es del área de Teoría de Números. Sin embargo otras ramas de las matemáticas empiezan aplicarse de manera natural, como son las curvas elípticas e hiperelípticas de la rama de la Geometría Algebraica. Por parte de la Topología se aplican los objetos geométricos en dimensión tres llamados trenzas, que es el plato fuerte del trabajo.

La criptografía basada en objetos geométricos, llamados grupo de trenzas empezó con el trabajo de Anshel, Anshel y Goldfeld, en 1999 y Ko, Lee, Cheon, Han, Kang y Park, en el 2000. Desde entonces, los grupos de trenzas han llamado la atención, debido al hecho que ellos proporcionan una colección rica de problemas difíciles en el sentido computacional, como el problema de conjugación, el problema de la descomposición de trenzas y el problema de la raíz. Al mismo tiempo, son elegibles para las aplicaciones porque existen maneras eficaces de especificar y manipular trenzas. Ello se logra con base en un conjunto de trenzas especiales llamadas sin repetición o trenzas canónicas, y que forman una copia del grupo simétrico. Luego toda trenza admite una única descomposición en forma canónica ávida (derecha o izquierda), tal descomposición involucra un número entero y trenzas canónicas, por ello toda trenza se puede codificar en sucesiones finitas de dígitos.

Los objetos geométricos que trabajaremos se llaman trenzas. Una trenza de n -cuerdas se construye de la siguiente forma: Consideremos un cilindro unitario, con n puntos en la tapa superior y n puntos en la tapa inferior, ahora unamos con una cuerda un punto de arriba con un punto de abajo. Sean C_1, \dots, C_n tales cuerdas, están deben cumplir las siguientes condiciones

- a) C_1, \dots, C_n son mutuamente disjuntos
- b) Cada plano paralelo al plano XY intersecta cada cuerda C_i en uno y sólo un punto.
- c) C_1, \dots, C_n intersectan cada plano paralelo intermedio entre los planos $z=0$ y $z=1$ en exactamente n puntos distintos.

Luego decimos que dos trenzas son equivalentes si una se puede deformar a la otra en forma continua, donde estamos considerando que los puntos extremos permanecen fijos en el proceso de la deformación. Esta relación es de equivalencia, luego el conjunto de todas las trenzas modulo la relación de equivalencia forman un grupo (un grupo es un conjunto y una operación binaria que es cerrada, asociativa, existe un neutro y un inverso por cada elemento). Denotamos al grupo de trenzas como B_n .

Empecemos por notar que B_n es un grupo infinito no conmutativo para $n > 3$, pues B_1 es el grupo trivial y B_2 es el conjunto de los números enteros. De hecho es fuertemente no conmutativo, ya que su centro es muy pequeño a saber cíclico, generado por un único elemento. En este sentido la no conmutatividad es lo que distingue la criptografía basada en



grupos de trenzas de los protocolos que se trabajan con enteros modulares o en curvas elípticas.

Problema de Búsqueda del Conjugado Generalizado (PBCG): Sean x, y en B_n tal que $y = bxb^{-1}$ para algún b en B_m , con $m < n$. El problema de búsqueda del conjugado generalizado es encontrar un a en B_m tal que $y = axa^{-1}$.

El PBCG es importante porque no hay ningún algoritmo de tiempo polinomial conocido para resolver este problema en general. Veamos una aplicación.

Intercambio de Claves

Problema: Alicia (A) y Beto (B) desean estar de acuerdo en un secreto común.

Protocolo

Generación de claves

Clave pública: p en B_n

Clave privada de A: s en B_n

Clave privada de B: r en B_n

Autenticación:

A calcula el conjugado $p^s = sps^{-1}$ y se lo envía a B.

B calcula el conjugado $p^r = rpr^{-1}$ y se lo envía a A.

A calcula $K_A = (p^r)^s$.

B calcula $K_B = (p^s)^r$.

Justificación

$K_A = (p^r)^s = p^{rs} = p^{sr} = (p^s)^r = K_B$.

Seguridad

La dificultad de recuperar x de (p, xpx^{-1}) : Problema

de Búsqueda del Conjugado Generalizado.



Referencias:

- 1.- Anshel I., Anshel M., Fisher B., Goldfeld D., New key agreement protocols in braid group cryptography. In: Topics in cryptology - CT-RSA 2001 (San Francisco, CA). Lecture notes in computer science, vol 2020, pp 13-27. Berlin Heidelberg New York: Springer (2001).
- 2.- Artin E., Theory of braids. Ann Math 48(2), 101-126 (1947).
- 3.- Birman J. S., Braids, links and mapping class groups, Annals of Math. Study 82, Princeton University Press (1974).
- 4.- Epstein D., Cannon J, D. Holt, S. Levy, M. Paterson, W. Thurston, Word Processing in Groups, chap. 9. Boston, MA: Jones and Bartlett Publishers (1992).
- 5.- Gebhardt V., Conjugacy search in braid groups From a braid-based cryptography point of view, AAEC (2006) 17: 219-238 DOI 10.1007/s00200-006-0008-7. Springer-Verlag 2006.



EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN Y MANEJO DE ÓRDENES DE COMPRA

Ricardo Armando Barrera Cámara, Beatriz Herrera Sánchez, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Judith del Carmen Santiago Pérez

Universidad Autónoma del Carmen

rbarrera@pampano.unacar.mx, bherrera@pampano.unacar.mx,
fsanchez@pampano.unacar.mx, jsantiago@pampano.unacar.mx

RESUMEN

En este trabajo, se propone apoyar tecnológicamente a las pequeñas y medianas empresas en los procesos y tareas relacionadas con la administración y gestión de órdenes de compra. Se analizaron los conceptos, fundamentos y elementos que debe contener una compra y las órdenes de compra. Se desarrolló un modelo, a través del cual se identifican aspectos y características que debe cubrir las herramientas, cuya orientación es la administración y gestión de órdenes de compra. Estas características comprenden aspectos: fundamentales, técnicos y adicionales. Con estos elementos, se realizó un análisis y evaluación de herramientas tecnológicas de software libre con mayor posibilidad de ser implementadas e incorporadas en las pequeñas y medianas empresas.

ABSTRACT

In this paper, we propose technological support to small and medium enterprises in the processes and tasks related to the administration and management of your order of purchase. We analyzed the concepts, principles and elements to be included in a purchase and purchase orders. A model was developed, through which identifies aspects and features that should cover the tools, whose orientation is the administration and management of purchase orders. These features include aspects: fundamental, technical and additional. With these elements, we performed an analysis and evaluation of open source technology tools most likely to be implemented and incorporated in small and medium enterprises.

1. INTRODUCCIÓN

Los grandes desarrollos en el ámbito industrial, han llevado a la mayoría de las grandes empresas a centralizar y automatizar sus procedimientos, para así, poder tener un mejor control de todos sus procesos, dentro de los cuales se encuentra el área de compras; esta área se encarga de controlar todas las órdenes de compra que la empresa genera a lo largo de su operación; según AMECE México: una orden de compra es un documento que emite la organización o entidad compradora, para adquirir un bien o un servicio y cubrir así, alguna necesidad o requerimiento existente de acuerdo a las prácticas de negocio establecidas. El gestionar órdenes de compra, permite a los compradores, especificar objetivamente sus condiciones a los proveedores, con ello evitar cualquier situación que surja en el proceso de compra-venta; con esto evitan pérdidas y gastos innecesarios; por esto la mayoría de las grandes empresas, implementan algún sistema que les ayude a controlar sus procesos de compra y poder lograr un nivel de efectividad y dar continuidad a sus ciclos comerciales, por lo que dentro de sus grandes funciones y procesos automatizados están incluyendo un sistema de órdenes de compra. Con esto, su personal está siendo más eficiente, se ahorra tiempo y dinero, ya que todo es automatizado, sus órdenes de compra se pueden enviar por correo electrónico a los proveedores, sin la necesidad de imprimir dicha orden y enviarla por fax, se puede verificar en pantalla cada una de las órdenes generadas y saber cuál ha sido o no surtida. Todos los sistemas permiten registrar, controlar y regular sus procesos de compras ya sean internas o externas.



2. PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS Y SU RELACIÓN CON LA TECNOLOGÍA.

La Pequeña y Mediana empresa (conocida también por su acrónimo PYME o pyme), es una micro, pequeña o mediana empresa que como unidad económica es operada por una persona natural o jurídica, bajo cualquier forma de organización jurídica o gestión empresarial y desarrolla cualquier tipo de actividad ya sea de producción, comercialización o prestación de servicios[1]. En el periodo del año 2006 a 2012, han recibido 320 mdp en créditos, generan 72% del empleo y 52% del Producto Interno Bruto (PIB) del país, y son considerados la columna vertebral de la economía mexicana [2]. Algunos elementos que permiten clasificarlas son: tamaño, sector, rango de número de trabajadores, Rango de ventas anuales, y el tope máximo combinado [3]. El tope máximo combinado se calcula de la siguiente manera: (trabajadores) X 10% + (ventas anuales) X 90%.

En la actualidad, las empresas y negocios necesitan invertir en investigación y desarrollo para mejorar todo tipo de procesos que generen más valor a la organización, las tecnologías de información son todas estas herramientas y aplicaciones útiles que favorecen tanto la operación como la administración de las empresas[4]. Sin embargo, al adquirir y usar tecnologías, es considerado para las Pymes de México como un lujo[5]. Considerando lo que representa el adquirir tecnologías (software, hardware, tecnologías de información y comunicación) [5], y los requerimientos informáticos existentes en una PyME; estos, pueden ser cubiertos utilizando software libre. Más allá de la limitante del costo, hay un punto importante para el uso de este tipo de herramientas libres, y es la licencia. La licencia permite ciertas libertades a los usuarios como [4]: usar el programa para cualquier propósito, conocer cómo funciona el programa, aprender de él y adaptarlo a las necesidades del usuario u organización, distribuir copias del programa con el fin de ayudar a la comunidad, mejorar la aplicación y hacer públicas esas mejoras a los demás, de manera que toda la comunidad se beneficie.

3. COMPRAS

Comprar, es adquirir materias primas o cualquier otro artículo con las características mínimas necesarias requeridas por una empresa, es decir, precio, calidad, condiciones de entrega y pago [6], también es considerada como la actividad para adquirir bienes y servicios de la calidad adecuada, en el momento y al precio adecuado con el proveedor más apropiado [7], y el satisfacer las necesidades de la organización con los elementos exteriores a la misma, buscando maximizar el valor del dinero invertido, de todas las unidades que conforman la misma. Dentro de los objetivos principales destacan [8]: adquirir materiales para propósitos específicos, disponer de materiales en el tiempo requerido, garantizar la cantidad de materiales, adquirir materiales de calidad, a menor costo para el fin deseado, controlar que la calidad de los materiales que son requeridos, contar con más de una fuente de recursos, anticipar alteraciones en precios y el seguimiento de las órdenes de compras.

Las compras pueden clasificarse, teniendo en cuenta: la necesidad a satisfacer[8], tipo adquisición o contratación[9], y el ámbito[8].

- Necesidad a satisfacer [8]:
 - Bienes: se consideran mercancías u objetos que tienen como principal propósito el satisfacer una necesidad tangible. Estos incluyen: materias primas, mercancías, suministros.
 - Servicios: es la realización de una actividad por parte de un proveedor con el propósito de satisfacer una necesidad no tangible. Estos incluyen: profesionales, financieros y transporte.



- Adquisición o contratación [9]:
 - Compras a precio alzado: cosas pequeñas que suelen pesarse, contarse o medirse, el comprador no podrá pedir la rescisión del contrato alegando no haber encontrado en el acervo la cantidad, el peso o la medida que se calculaba.
 - Compras sobre muestras: sujetas a término cuando no se tiene a la mano el material que se muestra en ese momento, en este caso, cuando el material sean perfectamente conocidos y estén bien determinados, se puede comprar sobre muestras.
 - Compras sobre contrato: compras fijas que se hacen a una organización por determinado tiempo establecido y bajo un contrato por escrito.
- Ámbito[8]:
 - Compras nacionales: son las compras que se efectúan dentro de las fronteras del mismo país, rigiéndose por las leyes del mismo país, lo que a su vez se subclasifican en: locales y foráneas.
 - Compras internacionales: son las compras que se realizan entre dos o más países, rigiéndose por las leyes y reglas de los países en que se realizan tanto de importación como de exportación. Estas pueden ser de importación o exportación.

4. ÓRDENES DE COMPRA.

Una orden de compra es un documento que emite la organización o entidad compradora para adquirir un bien o un servicio y cubrir así, alguna necesidad o requerimiento existente de acuerdo a las prácticas de negocio establecidas[10]. La orden de compra, cuando se elabora debe contener la descripción exacta de lo que se necesita; mediante su uso, los implicados en el proceso de compra pueden dar seguimiento, haciendo referencia al número de orden de compra[11]. La función que persigue es [12]: estipular el convenio entre proveedor y cliente, proporcionar la información necesaria a los departamentos involucrados de la organización, dar seguimiento al proceso de las compras; representa el documento por el cual se autorizan los pagos a los proveedores por los bienes o servicios contratados. Las órdenes de compra se clasifican en [7]:

- Pedidos individuales: son las órdenes de compra que solicitan para cubrir cierta cantidad necesaria de material en específico, para resolver una necesidad en específico, dándose por terminado al momento de recibir y pagar en importe del material solicitado.
- Pedidos generales: son las órdenes de compra que por lo general cubren los requerimientos de un material en específico, en cierto periodo de tiempo y las entregas del material solicitado se van solicitando conforme se van dando las necesidades de la organización.

Al momento que se ha entregado la orden de compra al proveedor correspondiente, el encargado de compras debe coordinar sus esfuerzos para que todo el material requerido en todas las órdenes de compra sea entregado en el plazo fijado y con las características solicitadas en cada una de las órdenes de compra[13], es por ello, que una orden de compra Nacional, deberá contener los siguientes datos[10, 14]: número de serie de orden de compra emitida, datos del proveedor (nombre, dirección, teléfono, etc.), fecha de la elaboración de orden de compra, referenciar la solicitud de cotización al proveedor, incluirá número y fecha, fecha en la que el proveedor entregara el material solicitado, condiciones de pago, referenciar la requisición de material indicando el número, clave del material solicitado, descripción detallada,



precio unitario, subtotal, Impuestos (IVA), importe total de la orden de compra, firma del encargado de compras, firma del proveedor. En caso de que el proveedor fuera extranjero, la orden de compra se debe estipular y mencionar los siguientes puntos: tipo de transporte que se utilizará, de deberá determinar que la mercancía esté asegurada y los términos que cubrirá el seguro, impuestos de importación (aduana).

5. METODOLOGÍA

- Identificación y descripción de las características fundamentales. A estas características se le denominó{o características básicas; son todas aquellas que tienen relación directa con los elementos que debe contener toda compra [6-10], y órdenes de compra [7, 10-14]: datos que se integran en la orden de compra, número de serie de orden de compra emitida, datos del proveedor (nombre, dirección, teléfono, etc.), fecha de la elaboración de orden de compra, referenciar la solicitud de cotización al proveedor(número y fecha), fecha de entrega del proveedor, condiciones de pago, referenciar la requisición de material indicando el número, clave del material solicitado, descripción detallada, precio unitario, subtotal, Impuestos (IVA), importe total de la orden de compra, firma del encargado de compras, firma del proveedor, proveedor extranjero (Tipo de transporte que se utilizara, seguro de mercancía y los términos que cubrirá el seguro, impuestos de importación o aduanales).
- Evaluación de Herramientas. Una vez conceptualizados la compra y órdenes de compra, se procedió a investigar, descargar, instalar y probar las herramientas obtenidas. Esto dio como resultado la identificación de las características denominadas técnicas y adicionales:
 - *Características técnicas.* Estas, son todas las relaciones con la parte técnica para su identificación e instalación. Estas nos permiten comparar las tecnologías o recursos necesarios para su implementación en la organización, es decir, si se dispone de los recursos técnicos, tecnológicos y económicos para su uso. Estos consideran: nombre del programa, versión, idiomas, sitio WEB, licencia (comercial o software libre), requerimientos de instalación (sistema operativo, memoria RAM, espacio en disco duro, procesador requerido, software adicional, manejador de base de datos).
 - *Características adicionales.* Son las características adicionales o complementarias que aparte de las características fundamentales pueden hacer que la herramienta sea más completa. Las Características inidentificadas contemplan: funciones fundamentales de la orden de compra, actualizar a la versión de pago, sección de seguridad, almacenar todos los empleados de su organización, visión particular de la organización y el empleado, exportar a archivos, monitoreo de operaciones, monitoreo de transacciones, almacenar historiales, imprimir cheques, envío de correos, reportes gráficos, manejo de agenda (administración basada en la relación de clientes), constructor de aplicaciones, control de Recursos Humanos, recepción de pedidos, copia de seguridad de datos, exportar Reportes.
- Análisis y evaluación de características básicas, técnicas y adicionales. Se construyeron tablas con la finalidad de identificar y comparar si cada aplicación cumplía con los tres tipos de características identificadas en el siguiente orden: básicas, técnicas y adicionales. En esta se buscó que la mayoría, cumpliera con el mayor número de elementos técnicos y características adicionales.
- Análisis de resultados. Una vez obtenida la información, se procedió a una técnica, tomando como partida el sistema operativo y los recursos mínimos de operación(cualquier computadora personal); se concentró y comparó cada herramienta



en base a sus características adicionales, esto, con la finalidad de obtener las de mayor peso o menor peso; y por último el costo en caso se considerarse una versión comercial.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los resultados conseguidos del estudio de las herramientas, se agrupó la información en los siguientes puntos: técnicas, características fundamentales y costo por el uso de la aplicación. Ya que, no todas las herramientas poseen las mismas características, es decir, no todas se ejecutan sobre el mismo sistema operativo; cumplen con las características fundamentales para la administración y manejo de órdenes de compra.

Las herramientas Analizadas fueron: NBL Business Suite [15], Adempiere [16], OpenXpertya [17], Ciad2008 [18], OpenERP [19], NeoGia2.0, Gestor I 1.05.08.02, Atila7.08, AikonERP, PO Management , Software 2.0.1.5. Consideración el sistema operativo se identifico que el 56% se ejecuta Windows, 22 %, en Linux y un 22% en Mac OS.

De las 18 características adicionales identificadas NBL Business Suite preseta el 72%; OpenERP el 61%; Admmpiere, OpenXpertya, Atila 7.08, AikonERP, PO Management 39% respectivamente; Ciad2008 un 33%; y NeoGia 2.0,Gestor I 1.0.5.0.8.0.2 el 17% respectivamente.

Otros de los aspectos que también se tomaron en cuenta a pesar de ser una investigación basada en software libre y teniendo en cuenta por aparte el costo de implementación, fue el costo que pudieran tener las aplicaciones por las características adicionales y/o su ampliación a software comercial, por lo que se a continuación se presenta la siguiente tabla con información al respecto.

Los costos que se presentan en la siguiente tabla son los que se encuentran actualmente en las páginas de las aplicaciones, otras fueron solicitadas a proveedor, pero al finalizar este estudio no se disponía de ellas.

Aplicaciones	Costos de versiones comerciales
NBL Business Suite	costo USD\$ 184.95
Adempiere	versión sin costo
OpenXpertya	versión sin costo
Ciad2008	versión gratuita
OpenERP6	costo 165 € / mes
NeoGia2.0	versión sin costo
Gestor I 1.05.08.02	versión sin costo
Atila7.08	solicitar cotización
AikonERP	solicitar cotización
PO Management	solicitar cotización

Tabla 6. Costos de Versiones comerciales.



7. CONCLUSIÓN

Se evaluaron diversas herramientas para administración de órdenes de compras, considerando el software libre, lo que nos permite presentar información que pudiera inferir en la decisión de adoptar o no la opción del software libre. Se encontraron puntos muy importantes que a continuación se enlistan:

- Todas las aplicaciones cumplen con las características fundamentales de la orden de compra.
- No existen muchas aplicaciones, que indiquen la opción de administrar órdenes de compras.
- Existe software que requiere de soporte especializado en la administración de sistemas gestores de base de datos, por lo que un usuario estándar no podría completar su instalación.
- La mayoría de las aplicaciones no es multiplataforma, la mayoría solo se puede implementar en un solo sistema operativo. En este aspecto se tiende a sistemas operativos Windows.
- Existe software comercial, pero para su implementación se necesita de mucha infraestructura; ya que están diseñadas considerando capacidades de compra de las grandes empresas.
- NBL Business Suite y OpenERP; son herramientas que requiere características técnicas mínimas (son multiplataforma) y ofrecen amplias características adicionales. Pudiendo ser aumentadas en su versión comercial.



8. REFERENCIAS

- [1] CONDUSEF. *Empresario Pyme como usuarios de servicios financieros*. Disponible: <http://www.condusef.gob.mx/index.php/empresario-pyme-como-usuarios-de-servicios-financieros>, (2012, 01 diciembre).
- [2] CNNExpansión. *PyMES, el eje de la economía mexicana*. Disponible: <http://www.cnnexpansion.com/emprendedores/2012/03/12/pymes-el-eje-de-la-economia-mexicana>, (2012).
- [3] S. d. Economía, "Estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas.," S. d. Economía, Ed., ed. Mexico, D.F., 2010.
- [4] B. Bancomer. *Software libre y las PyMES*. Disponible: <http://www.yosoypyme.net/2011/06/software-libre-pymes/>, (2011, 02 Diciembre 2012).
- [5] e. economista. *En tecnología las Pymes se quedan cortas*. Disponible: <http://eleconomista.com.mx/notas-online/negocios/2009/02/19/tecnologia-las-pymes-se-quedan-cortas>, (01 diciembre).
- [6] L. C. Mecinas, *Compras: un enfoque estratégico* (McGraw-Hill Interamericana), (2007).
- [7] S. Mercado, *Compras/ Buys: Principios y Aplicaciones/ Principles and Applications*, (Editorial Limusa S.A. De C.V), (2006).
- [8] J. R. Valencia, *Administración de Pequeñas Y Medianas Empresas*, (Cengage Learning Latin America), (2002).
- [9] F. D. Hedrick, *Administración de compras*, (Técnica), (1979).
- [10] A. M. d. E. p. e. C. Electrónico. (2012, 03 octubre 2012). *Análisis sobre la administración y manejo de órdenes de compra electrónicas en Mexico*. Disponible: http://www.amece.org.mx/amece/Documentos/procesos/ordenes_compra/ANALISIS_FINAL_OC.swf
- [11] T. M. Services. (*Purchase Orders - definition*. Disponible: http://www.mosis.com/pages/orders/purchase_orders/index, (2012).
- [12] J. Gorodischer, *Orden de compra: Diarios de un consumidor compulsivo*, (Marea), (2010).
- [13] D. M. a. informativos.com.mx, *Orden de compra*. Disponible: http://www.articulosinformativos.com.mx/Orden_de_Compra-a854794.html, (2012).
- [14] N. Financiera, *Documentos básicos de compra*. Disponible: <http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/3558/Los-documentos-b%C3%A1sicos-de-compra->, (2012).
- [15] N. BIZ, *System Requirement - NBL Business Suite*, (N. C. Software, Ed), (2012).
- [16] ADempiere, *Functional User Manual*, Disponible: http://www.adempiere.com/Functional_User_Manual, (2012).
- [17] OpenXpertya. *Arquitectura de openXpertya* Disponible: http://www.openxpertya.org/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=10, (2012).
- [18] G. Infoelect, *Ciad2008*, Disponible: http://www.infoelect.net/blank/Demo_Ciad.html, (2012).
- [19] OpenERP, *OpenERP*, Disponible: <http://v6.openerp.com/products>, (2012).



IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE COMPONENTES TÓXICOS QUE EXISTEN EN LAS TARJETAS MADRES DE UNA COMPUTADORA OBSOLETA.

C. Dr. José Alonso Pérez Cruz, Dr. José Gabriel Reding Domínguez, M.C.C. Benjamín Tass Herrera

Universidad Autónoma del Carmen

japacruz@pampano.unacar.mx, jreding@pampano.unacar.mx, btass@pampano.unacar.mx

Resumen.- Dentro del proyecto reciclaje computacional, que se desarrolla desde el 2007 en la Universidad Autónoma del Carmen, se ha presentado la construcción de un programa que permita identificar las sustancias tóxicas que tienen las partes de una computadora, así como la cantidad de las mismas, esta actividad tiene como fin determinar cuantos metros de aire, agua y tierra contamina una computadora. La forma de iniciar este sistema es identificando cuales pueden ser los contaminantes que hay en una tarjeta madre.

Abstract.- Within the Computer Recycling Project, developed since 2007 at the Universidad Autonoma del Carmen, is presented to build a program that allows the identification of toxic substances that are parts of a computer, and the amount thereof, this activity aims to determine how many meters of air, water and land pollution a computer. How you start this system is identifying which pollutants can be there in a motherboard.

1.- INTRODUCCIÓN.

Este trabajo surge de la necesidad que se tiene de conocer en números la contaminación que genera la basura computacional, debido a que en las campañas de reciclaje siempre se cuenta la cantidad de computadoras o accesorios periféricos que se reciclan[1][2], pero no se conoce la cantidad de agua, aire o tierra que dejan de contaminar. Esta necesidad lleva a la construcción de un software capaz de llevar a cabo estos cálculos.

Para desarrollar el sistema se ha iniciado identificando los componentes de una computadora

- Gabinete
- Monitor
- Teclado
- Mouse
- Tarjeta Madre
- Fuente de Poder
- Procesador
- Memorias
- Unidad de Cd/Dvd
- Unidad de Disquette
- Tarjeta de Video
- Tarjeta de Audio
- Tarjeta de Red
- Tarjeta de Modem

2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA.

Basados en el planteamiento que se muestra para el sistema en la figura 1. De todos estos elementos, se está iniciando con el análisis de las partes tóxicas que tienen las tarjetas madres y la cantidad que hay de las mismas [3].

Se puede ver el sistema con sus etapas, donde el primer elemento a considerar es conocer todos los componentes tóxicos que componen las partes de una computadora, esto lleva a un proceso de investigación donde se debe de tomar en cuenta varias problemáticas que se identifican, para poder obtener la información necesaria que el sistema utilizara.



Figura 1 Elementos del sistema para el cálculo de contaminantes de equipos de cómputo obsoletos

También se busca conocer si todas las tarjetas madres se fabrican con los mismos componentes, y concluir con lo que ya se había comentado antes, los tipos de sustancias tóxicas que tienen, así como la cantidad total que hay de las mismas.

Esta información servirá para alimentar un sistema de información que procesara las entradas para que sumado a los demás componentes de la computadora permita determinar en números, la contaminación que generan los equipos de cómputo al medio ambiente [3].

3.- LA TARJETA MADRE.

Una tarjeta madre es una placa la cual tiene circuitos impresos donde se conectan la mayor parte de los componentes que tiene una computadora. Las partes de una computadora son:

El zócalo del CPU, Las ranuras de memoria RAM, el Chipset, los diferentes tipos de bus, los puertos como PS2, USB, puertos serie y paralelo, los conectores RJ45, VGA, DVI, HDMI, Displayport, IDE, Serial ATA, conectores de audio como micrófono y bocinas, las ranuras de



expansión PCI, AGP, PCI Express, circuitos electrónicos para la gestión de video IGP, conjunto de pines JMDM1, JIR2, JBAT1, JP20, JFP1, JFP2, JUSB1 y JUSB2.



Figura 2. Componentes de una tarjeta madre

Generalmente las tarjetas madres actuales están elaboradas con esta cantidad de conectores, los cuales utilizan diferentes sustancias para estar conectados a la placa, generalmente están soldados con estaño aunque varios conectores utilizan otros metales para mejorar el rendimiento o para soportar el calor que se produce con el uso del mismo.

Después de conocer los diferentes componentes con que cuenta una computadora hay que identificar ciertos elementos que determinaran si son potencialmente tóxicos o contaminantes y las sustancias con que están compuestas.

En esta etapa se busca recolectar información que permita elaborar el análisis, De esta forma se pueden identificar como elementos de la tarjeta madre a los presentados en la figura 3.

- Mercurio
- Cromo
- Berilio
- Policloruro de vinilo PVC
- Oro
- Plata
- Cobre

Figura 3 elementos que componen una tarjeta Madre.



Ahora se puede determinar que los componentes tóxicos que hay en las tarjetas madres son:

- ✓ Cromo.- esta en las partes cromadas de los conectores
- ✓ Retardantes de Flama.- es la parte donde se baña a la tarjeta para soportar el calor al que se someten las piezas.
- ✓ Policloruro de vinilo PVC.- se usa como recubrimiento para aislar cables y alambres
- ✓ Percloruro de oxido.- solución que le da el color verde a las tarjetas madres, esmalte que sirve de aislante

Además se encontró que las tarjetas madres contienen elementos que pueden ser reciclados:

- ✓ Oro.- Para soldadura en conectores
- ✓ Plata.- Para soldadura en conectores
- ✓ Cobre.- Para soldadura en conectores
- ✓ Estaño.- Para la soldadura de las piezas

Existen otros elementos que también fueron identificados pero estos entran en la parte de creación de la tarjeta, los cuales no fueron tomados en cuenta.

4.- PROBLEMAS PARA IDENTIFICAR LOS COMPONENTES DE LAS TARJETAS MADRES.

Encontrar las sustancias que componen una tarjeta ya sean tóxicas o no, es una investigación complicada debido a las diferentes variantes que tienen que ver con los siguientes puntos:

- ✓ Antigüedad de las tarjetas
- ✓ Diferentes tipos de fabricantes
- ✓ Elementos que fueron diseñado por terceros
- ✓ Empresas que determinaban sus procesos en secreto

Para dimensionar la complejidad se pueden mencionar que el mercado de las tarjetas madres está formado por los siguientes fabricantes:

Abit, Albatron, Aopen, ASUS, ASRock, Biostar, Chaintech, Dell, DFI, ECS EliteGroup, Epox, Foxconn, Gigabyte Technology, Intel, MSI, QDI, Sapphire Technology, Soltek, Super Micro, Tyan, VIA, XFX, Pc Chips, Zotac.

Algunos diseñan y fabrican uno o más componentes de la placa base, mientras que otros ensamblan los componentes que terceros han diseñado y fabricado.

También hay que tomar en cuenta El término **factor de forma** el cual se utiliza para hacer referencia a la geometría, las dimensiones, la disposición y los requisitos eléctricos de las tarjetas madre. Los cuales sirven para construir diferentes carcasas de marcas diversas, donde existen los siguientes estándares:

- ✓ AT miniatura/AT tamaño completo es un formato que utilizaban las primeras computadoras 386 y 486.



- ✓ ATX: El formato ATX es una actualización del AT miniatura. Estaba diseñado para mejorar la facilidad de uso. La unidad de conexión de las placas madre ATX está diseñada para facilitar la conexión de periféricos.
- ✓ BTX: El formato BTX (*Tecnología Balanceada Extendida*), respaldado por la marca Intel, es un formato diseñado para mejorar tanto la disposición de componentes como la circulación de aire, la acústica y la disipación del calor. Los distintos conectores (ranuras de memoria, ranuras de expansión) se hallan distribuidos en paralelo, en el sentido de la circulación del aire. De esta manera, el microprocesador está ubicado al final de la carcasa, donde el aire resulta más fresco. El cable de alimentación del BTX es el mismo que el de la fuente de alimentación del ATX.
- ✓ ITX: el formato ITX (*Tecnología de Información Extendida*), respaldado por VIA, es un formato muy compacto diseñado para configuraciones en miniatura como lo son las mini-PC.

Por esta razón, la elección de la tarjeta madre y su factor de forma dependen de la elección de la carcasa. Delimitando el tamaño de las mismas y llevando a que la composición de las piezas en la tarjeta fuera cada vez diferente y variada.

Uno de los puntos más importantes es la antigüedad de las tarjetas madres que varían en marca y año de fabricación esto debido que la forma en que estas empresas fueron implementado regulaciones la construcción de las piezas sufrieron cambios en elementos componentes y cantidad de sustancias usadas para su creación. Por lo que determinar que solo los elementos presentados en este trabajo son los que componen las tarjetas madres puede estar de acorde con solo una parte de ellas.

5.- CONCLUSIONES.

Los diferentes tipos de tarjetas madres así como su constante evolución complican demasiado la identificación de las partes tóxicas de las tarjetas madres, estas complicaciones afectan y alentan el proceso de análisis para la construcción del sistema, se debe considerar que este proceso puede afectar directamente la obtención de las partes tóxicas de otros elementos que componen una computadora, como tarjetas de video, tarjetas de audio, etc. Vale la pena subrayar que aunque se logran identificar los componentes no se tiene todavía la cantidad que hay de cada uno de ellos, esto se debe a que el proceso de investigación no ha concluido.

La identificación de posibles elementos que puedan complementar esta investigación está en proceso tomando en cuenta elementos como:

- ✓ Antigüedad de la tarjeta
- ✓ Modelo
- ✓ Empresa fabricante
- ✓ Cantidad de conectores.
- ✓ Arquitectura de la tarjeta



6.- REFERENCIAS.

[1] J Pérez, G. Verduzco, F. Cocón, G. López, 2011, *Avances en informática y sistemas computacionales*, "Proyecto de Reciclaje Computacional en las Empresas y la Sociedad de la Universidad Autónoma del Carmen", Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, Paginas 184-189, 2011.

[2] J. Pérez, J. Reding, G. Verduzco, C. de la Cruz, *Memorias Congreso Conieem 2012*, La Contaminación Tóxica por los Equipos de Cómputo Obsoletos: E-Waste. Congreso Conieem 2012 Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, Yucatán México, Paginas 578-583, 2012.

[3] J Pérez, J. Reding, G. Verduzco, B. Tass, *Avances en informática y sistemas computacionales*, "Proyecto de Reciclaje Computacional propuesta de un sistema para identificar y las cantidades y tipos de sustancias que hay en los equipos de cómputo", Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, Paginas 150-156, 2012.

[4] Barbara, Hirtz. E- Basura. Basura electronic, gran amenaza para el medio ambiente. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). [en línea], USA. <<http://www.zonacatastrofica.com/basura-electronica-gran-amenaza-para-el-medio-ambiente.html>> [consulta: 01 abril 2013]



MODELO DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL CENTRO HISTÓRICO DE ATLACOMULCO DE FABELA ESTADO DE MÉXICO: UNA APROXIMACIÓN POR REDES DE PETRI

Autores:

*Yesenia Hernández Morales, Juan Fernando García Mejía, Ariadna Martínez Chaparro
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO, C.U. ATLACOMULCO*

Yesi2012lia@hotmail.com fgarciam@uaemex.mx; jagm1000@live.com

RESUMEN

El flujo de tránsito vehicular y sus consecuencias se han convertido en un fenómeno social de gran relevancia, dado que las dinámicas sociales aumento demográfico, concentración de espacios comerciales en lugares pequeños, por mencionar algunos factores ha contribuido con el aumento vehicular, lo cual influye en la calidad de vida de los espacios poblacionales. En la zona centro del municipio de Atlacomulco de Fabela ubicado en el norte del Estado de México se ha aumentado en fechas recientes el flujo vehicular en calles principales, la magnitud de esta situación aumentara debido a los recientes proyectos de crecimiento tales como el programa Ciudades del Bicentenario. Una forma de realizar la planeación urbana de Atlacomulco de Fabela es por medio de la simulación del tránsito por medio de redes de Petri, las cuales se definen como una representación matemática o grafica de un sistema a eventos discretos en el cual se describe la topología de un sistema distribuido, paralelo o concurrente, son una generalización de la teoría de autómatas que permiten expresar un sistema a eventos concurrentes.

ABSTRACT

The flow of traffic and its consequences have become a social phenomenon of great importance since social dynamics population growth, concentration of commercial space in small places, to name a few factors contributed to the increased vehicular, which influences the quality of life of the population spaces.

In the central part of the municipality of Atlacomulco of Fabela in northern Mexico state has recently increased traffic flow on major streets, the magnitude of this situation due to the recent increase growth projects such as the Cities program Bicentennial.

One way to make urban planning Atlacomulco of Fabela is through traffic simulation using Petri nets, which are defined as a mathematical or graphical representation of a discrete event system in which the topology is described a distributed, parallel or concurrent, are a generalization of automata theory that allow a system to express concurrent events.

1. INTRODUCCIÓN

El flujo de tránsito vehicular y sus consecuencias se han convertido en un fenómeno social de gran relevancia dado que las dinámicas sociales, (aumento demográfico, lugares pequeños, concentración de vehículos en espacios comerciales, por mencionar algunos factores) han contribuido con el aumento del flujo vehicular, lo cual influye en la calidad de vida de los espacios poblacionales.

El análisis de las redes de Petri está basado en el **modelado** y diseño de sistemas, como resultado muestra información que sea utilizada para evaluar y sugerir mejoras o cambios.

El municipio de Atlacomulco de Fabela ubicado en la zona norte del Estado de México no se creó con una visión que previera su crecimiento, por tal motivo existen en la actualidad problemas tales como; excesiva circulación de vehículos en determinadas horas, con eso en mente y las experiencias de éxito mostradas. Se plantea la necesidad de realizar un primer modelo del tránsito de Atlacomulco de Fabela mediante Redes de Petri.



2. REDES DE PETRI

Es posible definir a las redes de Petri como: un método computacional que permite modelar un sistema de interrelación estática y dinámica por medio de la representación matemática y visualizar su comportamiento.

Las (RdP) redes de petri están diseñadas específicamente para modelar tipos de sistemas con componentes interactuando continuamente permiten modelar un sistema de interrelación estático y dinámico por medio de representación matemática. Los elementos que las componen son: Nodos, Funciones de entrada, Funciones de salida, Transiciones [1]. Las entradas y/o salidas de una transición son conjuntos que tienen elementos repetidos o múltiples ocurrencias estas desarrolladas en algoritmos para su simulación. Las redes de Petri demuestran errores de funcionamiento; en efecto modelan:

- Vivacidad; es decir si es rápido de comprender y funcional.
- Ciclicidad; si todo lo manifestado obedece a su limitación.
- Conservación; es decir si el método planteado es mantenible.
- Conflictividad; si en su proceso tiene repercusiones, estas se pueden acomodar a las necesidades de proceso.

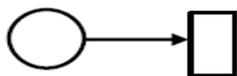
Las redes de petri son una poderosa herramienta matemática para la representación gráfica de sistemas secuenciales y cíclicos, que puede ser llevada de manera estructurada a cualquier lenguaje de programación como Matlab, HPSIM, LabVIEW Y C++ [2].

2.1 COPONENTES PRINCIPALES DE LAS REDES DE PETRI

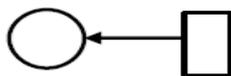
Una red de Petri es un grafo orientado en el que intervienen cuatro tipos de componentes: los lugares (representados por circunferencias, que pueden contener un número nulo o positivo de marcas, y las transacciones (representadas por segmentos rectilíneos), unidos alternativamente por arcos. Un arco une un lugar a una transición, o viceversa, pero no dos transiciones o lugares. Las siguientes figuras muestran las representaciones de los diferentes elementos.



2.2 Conexiones validas y no validas entre lugares y transiciones.



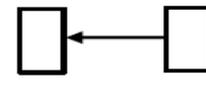
VÁLIDA



VÁLIDA



NO VÁLIDA



NO VÁLIDA

Un lugar puede contener un número positivo de marcas, o bien no poseer ninguna marca. Una marca se representa por un punto en el interior del círculo correspondiente al lugar que la contiene. El conjunto de marcas asociadas en un instante dado a cada uno de los lugares constituye un marcado de la Red de Petri [3].



A place can contain a positive number of brands, or not having any marks. A mark is represented by a point inside the circle corresponding to the location that contains it. The set of associated brands at a given time each of the sites is a marked Petri Network [3].

3. MATEMATICAS DE REDES DE PETRI

Redes de Petri (PN) son una herramienta de modelado gráfico y matemático que es aplicable a varios sistemas que presentan características particulares como paralelismo distribución de concurrencia, y no determinismo-, y / o estocasticidad. Una RDP se define estructuralmente por medio de dos conjuntos de elementos: lugares (que son gráficamente representados por círculos) y transiciones (representados por segmentos gruesos). Los lugares y transiciones se unen a través de una relación de flujo ponderado, que es un F , flujo junto con una función de ponderación W . la definición formal de una RDP es la siguiente [4]:

Definición 1: Las Redes de Petri (PN) son integradas a partir de 4 elementos $PN = \{P, T, F, W\}$, donde P tiene límite de espacio $(n) = [P]$ espacios, T es el lugar finito $= [T]$ =transiciones, $P \cap T = \emptyset$, lugares y transiciones es discontinuo, $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ esta es la relación disjunta de direcciones y arcos, $W : F \rightarrow \mathbb{N}^+$ es una asignación con peso de cada arco. Para una muestra más detallada [5].

4. SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DEL MODELADO

HPSim: "Es un programa simulador de comportamientos que permite reproducir el entorno exterior y se emplean proyecciones de bases de datos de terreno. A este entorno se le conoce como "Entorno Sintético" [23]. Estos Simuladores permiten facilitar la representación y acelerar el resultado de posibles consecuencias, además de reducir tiempo de evaluación en una ciclicidad. Trabaja por medio de un 10% de lenguaje de programación, y matemáticamente.

4.1 DESARROLLO DE REDES DE PETRI

En este momento se realizan simulaciones que tienen como objetivo encontrar nuevas alternativas en el trazado de posibles rutas que desconcentren el centro histórico de Atlacomulco

En este trabajo hay tres tipos de modelados, en este caso el real, el de ambos sentidos y el de un sentido contrario al real.



4.2 DISEÑO DEL MODELADO POR REDES DE PETRI EN TIEMPO (REAL).

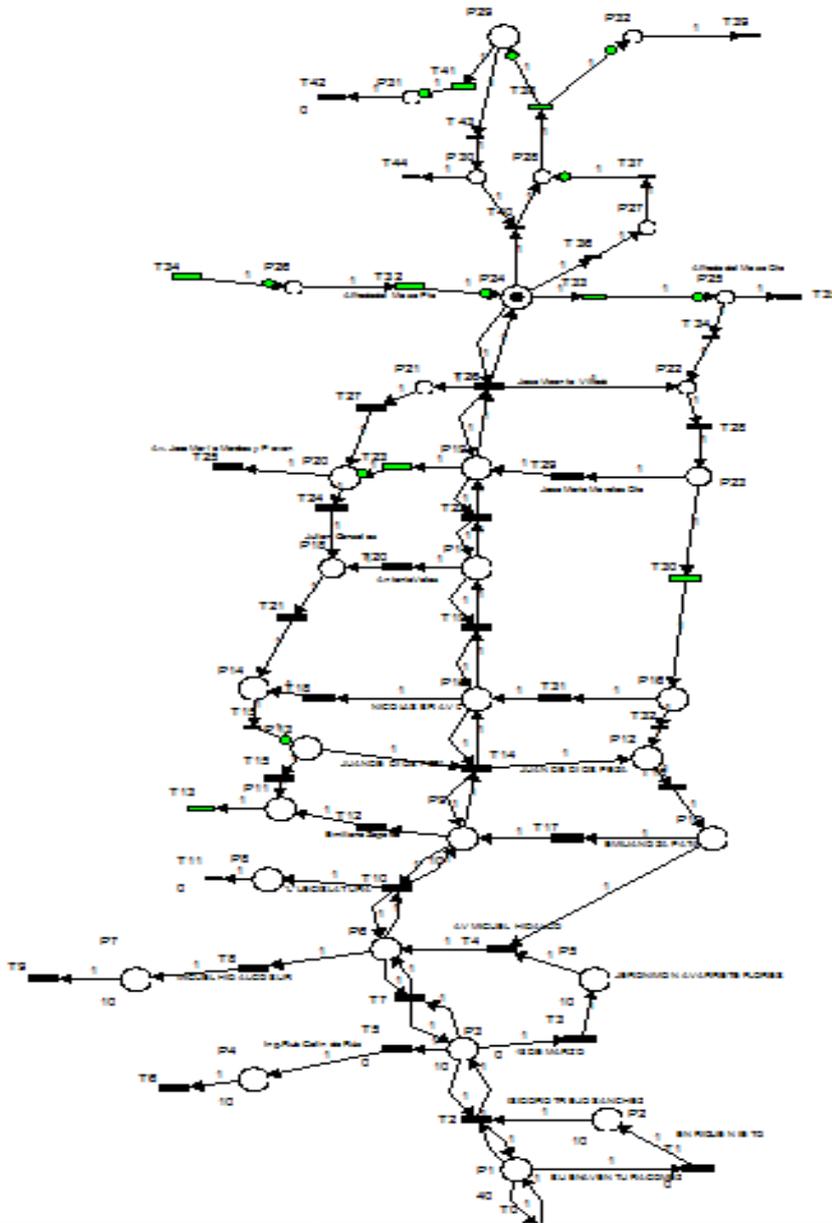


Figura 1: representación real (flujo de tránsito) de la avenida Lic. Isidro Fabela, Atlacomulco Edo, Méx. por Redes de Petri.

Representa una función no válida para su flujo.

4.3 DISEÑO DEL MODELADO POR REDES DE PETRI EN (UN SOLO SENTIDO)

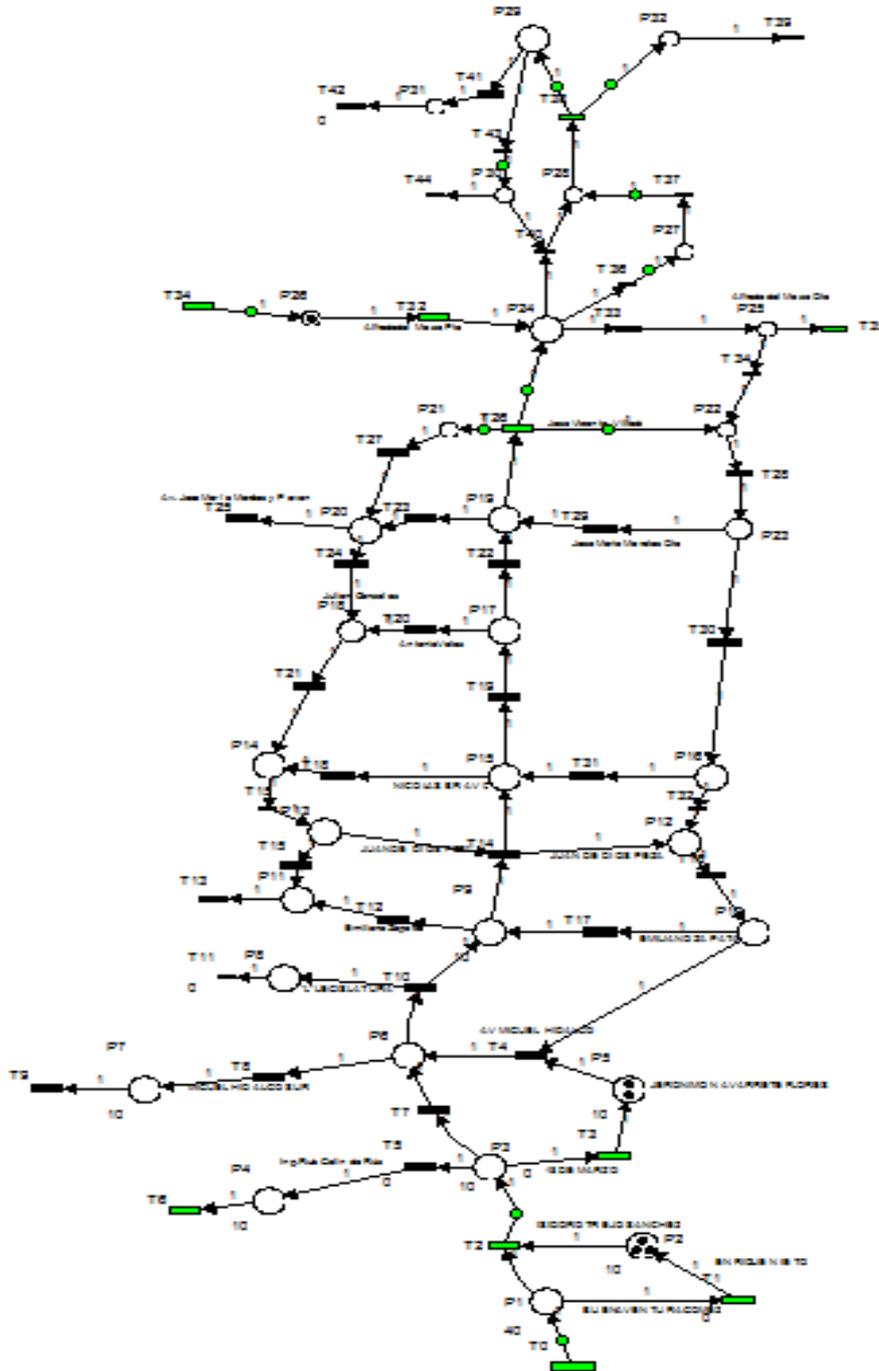


Figura 2: representación de un solo sentido (flujo de tránsito) de la avenida Lic. Isidro Fabela, Atlacomulco Edo, Méx. por Redes de Petri.

Representa una función válida para su flujo aunque no tiene mejoría.



4.4 DISEÑO DEL MODELADO POR REDES DE PETRI EN (AMBOS SENTIDOS)

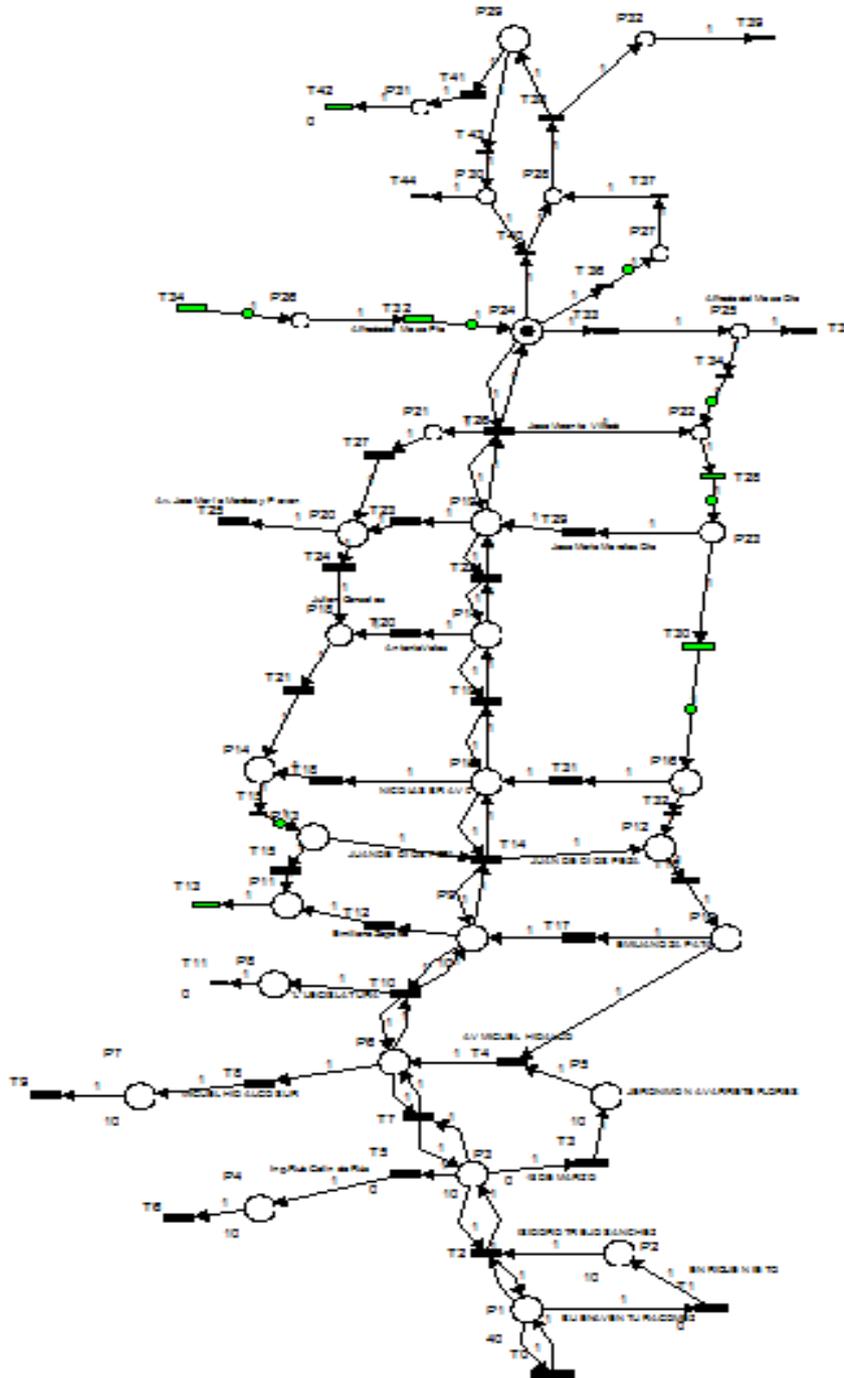


Figura 3: representación de ambos sentidos (flujo de tránsito) de la avenida Lic. Isidro Fabela, Atacomulco Edo, Méx. por Redes de Petri.

Representa una función invalida para el flujo de tránsito.

5. CONCLUSIÓN

Si se modela el flujo vehicular en Atacomulco de Fabela por medio de Redes de Petri será posible simular y codificar en HPSim alternativas más eficientes que las actuales.



6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C.A. Petri, "Communication with automation," Rome Air Development Center, Griffis (NY) 1996.
- [2] PERFORMANCE ANALYSIS OF TRAFFIC NETWORKS BASED ON STOCHASTIC TIMED PETRI NET MODELS, Florida International University Miami, fl33199.
- [3] ON USING PETRI NETS FOR REPRESENTING AND CONTROLING SIGNALIZED URBAN AREAS: NEW MODEL AND RESULTS, Proceedings of the 12th international IEEE conference on intelligent TRANSPORTATION System, St, Louis, Mo, USA October 3-7 2009.
- [4] T. MURATA "PETRI NETS "PROPIETIS, ANALISIS AND APLICACIONES", Proccedings IEEE, Vol.77, No 4 pp 541-580,1989.
- [5] MURATA "PETRI NETS "PROPIETIS, ANALISIS AND APLICACIONES", Proccedings IEEE, Vol.77, No 4 pp 541-580,1989.



MONITOREO DE ENTORNO AMBIENTAL, EN PLANTAS CASERAS Y CULTIVOS, MEDIANTE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y APLICACIONES MÓVILES (ANDROID)

Mario Chessel Núñez Hernández¹, Benjamín López González², Bany Sabel Hernández Cardona³, María del Socorro Moreno Figueroa⁴

1, 2, 3 y 4 Instituto Tecnológico de Toluca

2 Unidad Académica Profesional Tianguistenco

1 nu.hernandezmario@gmail.com 2 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 3 banyshc@yahoo.com.mx, 4 s_morenof@hotmail.com

RESUMEN

En el mundo las Redes Sociales han tenido una gran penetración en los diversos segmentos etarios de la población y las han perfilado como plataformas para la socialización y el acceso a diversos servicios orientados a satisfacer las demandas de los distintos tipos de usuarios existentes. Por otra parte, la convergencia tecnológica permite actualmente conectar a Internet a diversos dispositivos y entornos con el objetivo de intercambiar información e interactuar entre personas, entornos y objetos.

Realizada una investigación, en la cual mediante aplicaciones móviles se puedan prevenir todo este tipo de cambios climáticos, la gente puede estar preparada, para enfrentar dichos cambios. Con ayuda de la electrónica (sensores) que recopilen toda la información climática en los cultivos, La tecnología de la nube y redes sociales que ayude a la divulgación de dicha información.

Por medio del análisis de herramientas tecnológicas, Twitter® es la mejor opción para llevar a cabo el proyecto, con la ayuda de tecnología Android® y sensores Electrónicos de luz, Temperatura y Aire.

ABSTARCT

World Social networks have been a great insight into the various age segments of the population and have emerged as platforms for socializing and access to various services designed to meet the demands of different types of existing users. Moreover, technological convergence currently allows Internet connects to various devices and environments in order to exchange information and interact with people, objects and environments.

Conducted an investigation, which means mobile applications can prevent all these climate changes, people may be prepared to face these changes. Using electronics (sensors) to collect all information on crops climate, cloud technology and social networks to help the release of such information.

Through the analysis of technological tools, Twitter ® is the best choice to carry out the project, with the help of Android ® technology light and electronic sensors, Temperature and Air.



1. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, las nuevas tecnologías se han convertido en una parte fundamental en cualquier ámbito, no solo laborar, también si no en cualquier parte.

Tal es el caso de las predicciones climáticas, que con ayuda de ciertas tecnologías, se pueden predecir cómo estará el clima no solo del día en cuestión, si no de varios días posteriores. Así mismo se pueden prevenir ciertas catástrofes que puedan perjudicar a ciertas poblaciones, tales como como las pérdidas en las cosechas. Desgraciadamente a veces ese tipo de tecnologías resultan bastante caras, naturalmente la gente que se encarga de los cultivos no posee la suficiente economía para sustentar estas tecnologías. Por tal motivo surge la idea del Dr. Héctor Torres Bustos de crear junto con ciertos sensores electrónicos y aplicaciones móviles para dispositivos con el sistema operativo Google Android™, una manera más accesible de monitorear las actividades climatológicas de las plantas y sus cultivos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Chile las Redes Sociales han tenido una gran penetración en los diversos segmentos etarios de la población y las han perfilado como plataformas para la socialización y el acceso a diversos servicios orientados a satisfacer las demandas de los distintos tipos de usuarios existentes. Por otra parte, la convergencia tecnológica permite actualmente conectar a Internet a diversos dispositivos y entornos con el objetivo de intercambiar información e interactuar entre personas, entornos y objetos.

Ante este escenario, se desarrolla un proyecto que tiene como objetivo establecer una comunicación interactiva entre jardines domésticos y usuarios a través de Twitter®, para posteriormente llevarlo a niveles más grandes como la agricultura.

En agosto del 2012 el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la Sociedad Agrícola del Norte (SAN) reportaron [1] el agro perdió entre 2010 y 2011 cerca de 10.000 puestos de trabajo y su participación ocupacional llegó a un mínimo de 12,3% en el trimestre móvil abril – junio de este año, cifra que contrasta con el 16,6% de octubre – diciembre de 2010.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general.

Desarrollar una aplicación sobre la plataforma Google Android® bajo el lenguaje de programación Java cubriendo, de parte del usuario, la mayor población de “Smarth Phone”, así mismo una segunda aplicación para Tableta que soporten el mismo sistema operativo Google Android®.

3.2. Objetivos específicos.

- Dar de alta una aplicación en TwitterDeveloper® para que Twitter® reconozca la aplicación, como una aplicación legítima y con permisos de leer y escribir menciones.
- Lograr una conexión con la red social Twitter®, y los dispositivos Google Android®, para poder mandar mensajes mediante la aplicación con las características específicas requeridas
- Extender la aplicación a la mayor parte de versiones del sistema operativo Google Android®.
- Desarrollar una interfaz amigable para el usuario.
- Mejorar la estructura de código fuente a través de paquetes para el núcleo de la aplicación como para módulos extras.



- Crear componentes que almacenen de manera permanente las credenciales de usuario así como el destinatario de las menciones.
- Crear código fuente que se encargue de analizar las menciones de una cuenta.
- Crear código fuente que se encargue de contestar con una respuesta concreta las solicitudes previamente obtenidas.
- Desarrollar un servicio Android® para ejecutar cada determinado tiempo los 2 métodos anteriores.
- Desarrollar código fuente para realizar peticiones de datos a los sensores de temperatura, luz, humedad de la tierra y humedad del aire.

4. JUSTIFICACIÓN

Es de suma importancia aprovechar todos los avances tecnológicos que nos ofrece el avance tecnológico y más si se utiliza para optimizar procesos, operaciones, métodos, y en este caso prevenir desastres que puedan perjudicar las condiciones ambientales de una planta, ya que no solo sale afectada una planta, en ocasiones salen afectados los bolsillos de las personas, dado que en ciertas ocasiones una planta es como una inversión a largo plazo, tal es el caso de la agricultura. Por eso es de suma importancia usar toda la tecnología disponible para prevenir estos desastres.

5. DESARROLLO

5.1. Preparación del Espacio de Trabajo

Dado que la mayor cobertura del mercado en los "Smarth Phone", Android® es el mayor distribuidor de teléfonos en el mundo según la Canalys (Figura 1) [2], es por eso que se decidió desarrollar la aplicación bajo el sistema operativo Android®.

Worldwide smart phone market
Market shares Q4 2010, Q4 2009

OS vendor	Q4 2010		Q4 2009		Growth Q4'10/Q4'09
	shipments (millions)	% share	shipments (millions)	% share	
Total	101.2	100.0%	53.7	100.0%	88.6%
Google*	33.3	32.9%	4.7	8.7%	615.1%
Nokia	31.0	30.6%	23.9	44.4%	30.0%
Apple	16.2	16.0%	8.7	16.3%	85.9%
RIAM	14.6	14.4%	10.7	20.0%	36.0%
Microsoft	3.1	3.1%	3.9	7.2%	-20.3%
Others	3.0	2.9%	1.8	3.4%	64.8%

*Note: The Google numbers in this table relate to Android, as well as the OMS and Tapas platform variants
Source: Canalys estimates, © Canalys 2011

Figura 1. Mercado mundial de "Smarth Phone" en el 2010

Posteriormente se eligió la versión más popular dentro de las diversas versiones del sistema con las que cuenta Android®.

Según los datos arrojados por la página oficial de Android®, la versión de sistema operativo más utilizada en "Smarth Phone" es la versión 2.3.3 "GingerBread" (Figura 2) [3], por lo cual se decide desarrollar en esta versión.



5.2 Herramientas.

Usando las librerías Twitter4j para lograr la conexión entre la interfaz de Android® y la red social Twitter®. Twitter4j® “Es un código desarrollado 100% en java que trabaja con cualquier versión de java de 1.4.2 en adelante. Compatible con todas las versiones de la plataforma Android®. Totalmente independiente, no requiere de otras librerías para funcionar. Compilado en “OAuth suport®” [4].



Figura 3. Twitter4J Logo.

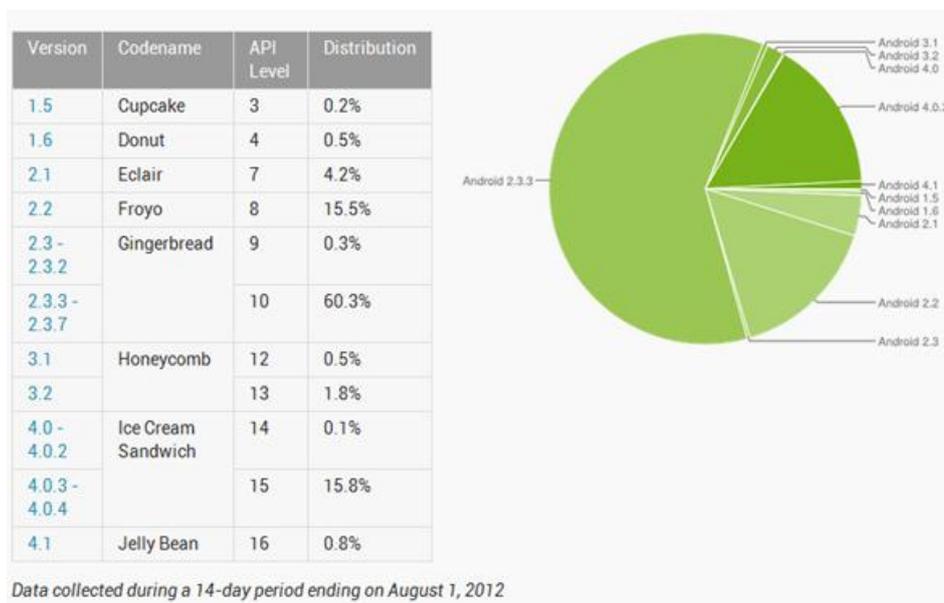


Figura 2. Versiones del sistema operativo móvil Android®

5.3 OAuth.

Es un protocolo abierto, propuesto por Blaine Cook y Chris Messina, que permite autorización segura de un API de modo estándar y simple para aplicaciones de escritorio, móviles, y web.[5].

6 Diseño

Después de tener analizado todas las especificaciones necesarias para realizar la conexión con Twitter®, se procede con la elaboración del diseño.



Usando todos los protocolos establecidos por XML, que es “un lenguaje simple y de texto flexible, que nos ofrece una amplia variedad de intercambio de datos” [6] en este caso fue utilizado para realizar todos los diseños.

Posteriormente se utiliza las métricas establecidas por Android®, para resolver los diversos conflictos con las resoluciones de pantalla. Por tal motivo se desarrollan diversas imagines que se adapten a cada resolución (Figura 4) [7].

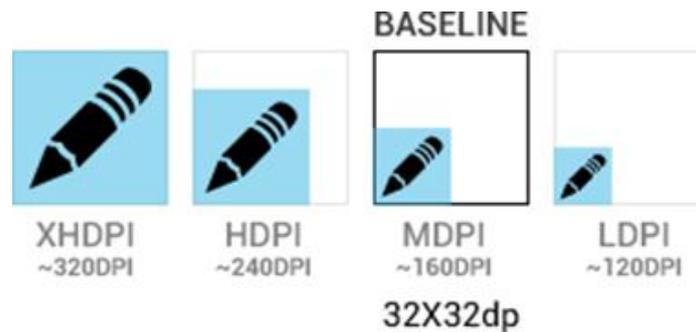


Figura 4. Las múltiples dimensiones con las que cuentan los dispositivos móviles que contienen Android® como sistema operativo

7 Conexión con Twitter®.

Como requisito principal utilizando las librerías de Twitter4j se pide al usuario que se autentifique con su cuenta Twitter® y así autorizar a la aplicación que mande tuit en su nombre.

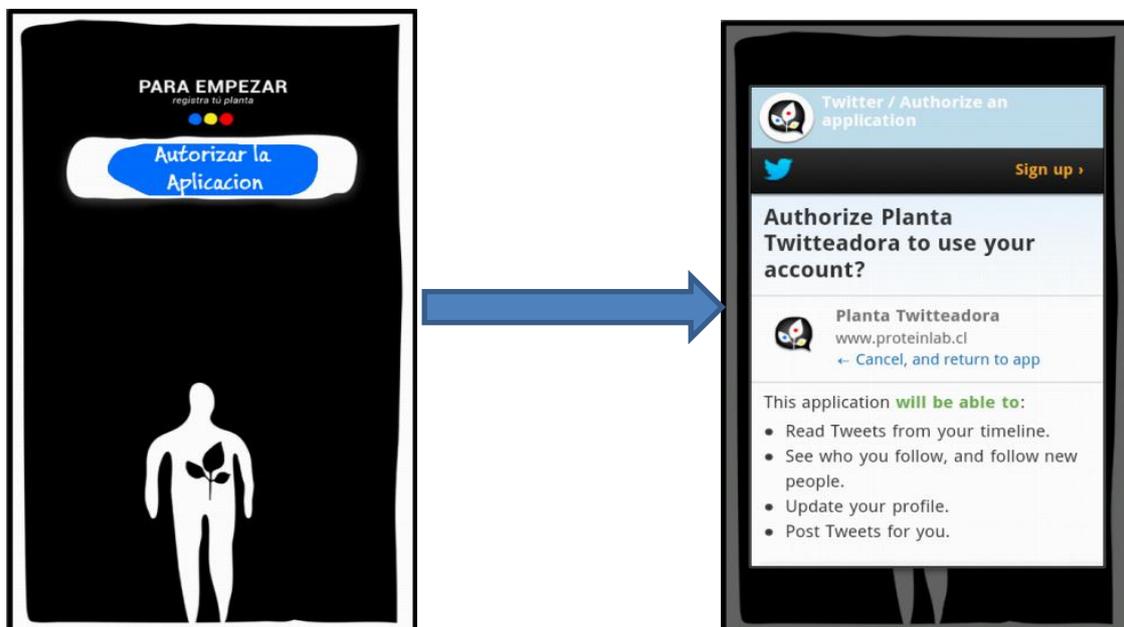


Figura 5. Autorización y acceso a la aplicación.



Posteriormente se solicita el nombre de usuario de la planta, el objetivo es mandar la mención a nombre de la planta. Ejemplo “@Usuario mensaje”.

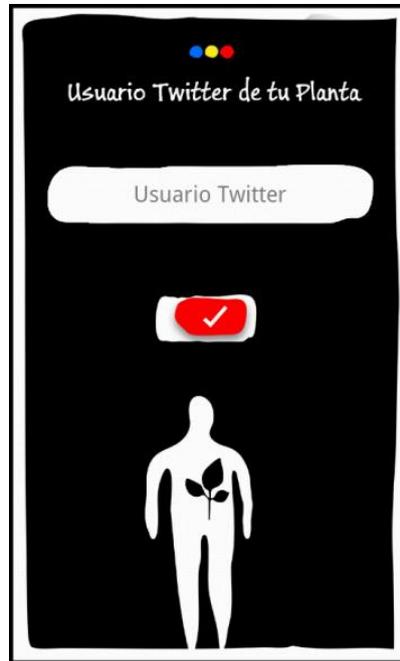


Figura 6. Guardando el usuario de Twitter® de la planta

Una vez terminada la configuración se procede a mandar los mensajes, con su respectiva aplicación.

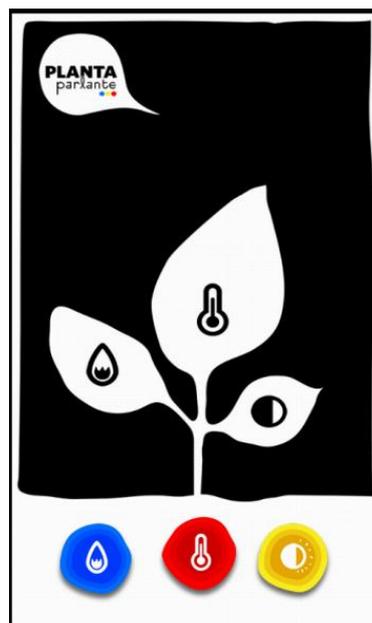


Figura 7. Interfaz de solicitud de datos climaticos



8 Aplicación Usuario

Después de tener configurado la cuenta de Twitter®, el usuario tendrá una interfaz con tres opciones, que le servirán para mandar tres tipos de mensajes diferentes, aunque cada botón tiene una función.

Botón Agua: Pregunta a la planta si necesita agua vía Twitter®.

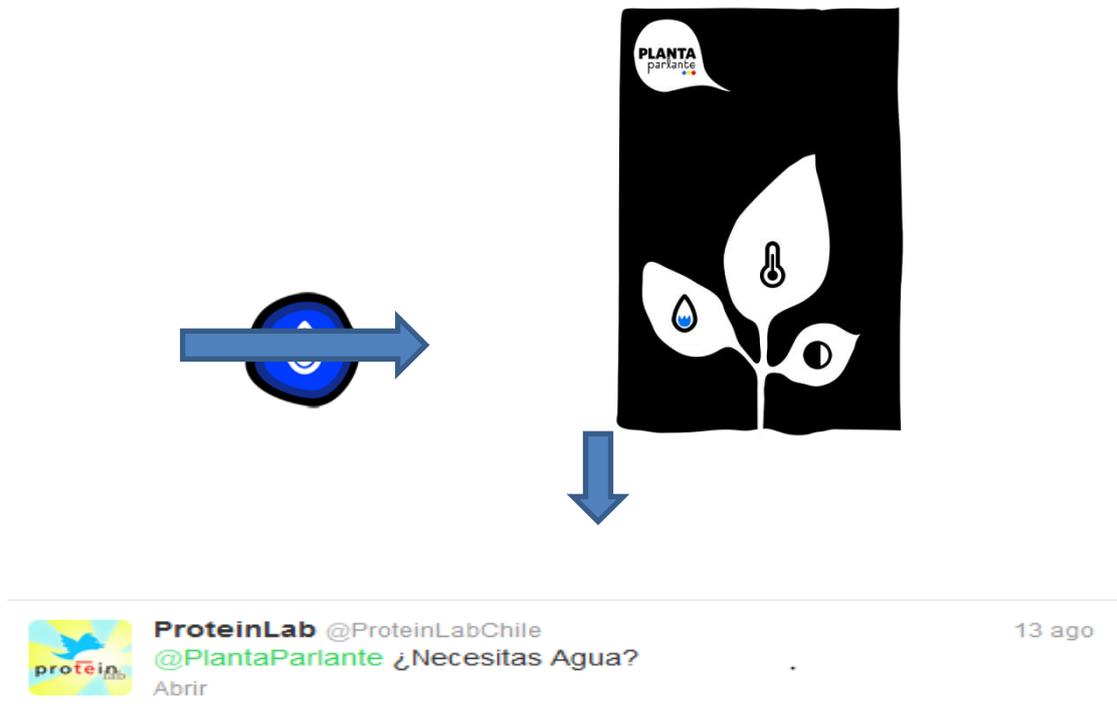
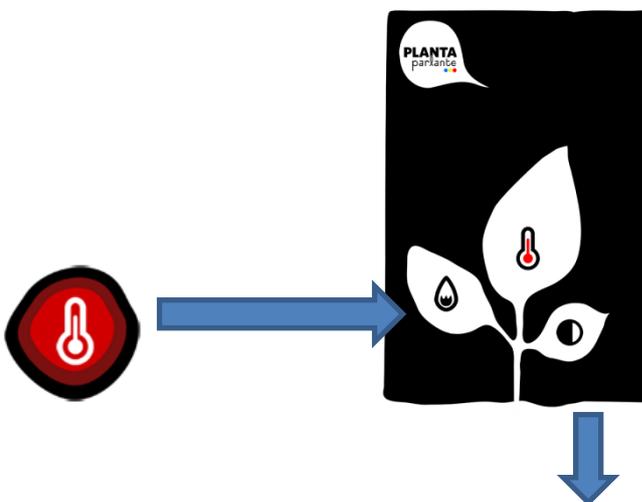


Figura 8. Proceso de verificación de humedad

Botón Temperatura: Pregunta a la planta como esta su temperatura vía Twitter®.



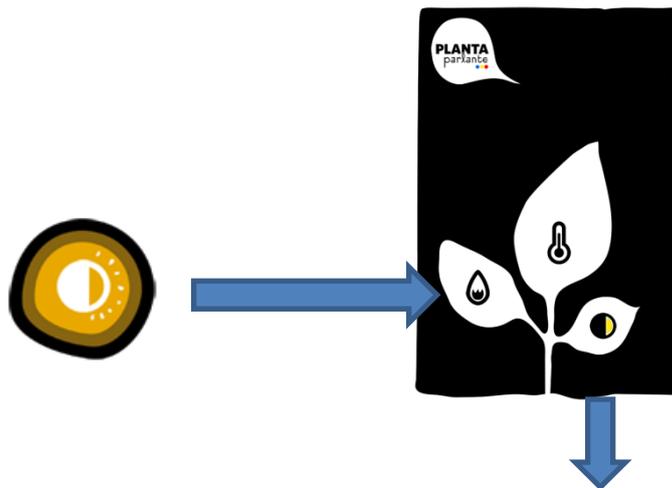


ProteinLab @ProteinLabChile
@PlantaParlante ¿Como esta tu Temperatura?
Abrir

10 ago

Figura 10. Proceso de verificacion de temperatura

Botón Luz: Pregunta a la planta como están sus niveles de luz vía Twitter®.



ProteinLab @ProteinLabChile
@PlantaParlante ¿Tus niveles de Luz estan bien?
Abrir

9 ago

Figura 11. Proceso de verificación de luminosidad

9 Aplicación Planta

La aplicación de la planta, no utiliza una interfaz con demasiado diseño, dado que no lo necesita, todo el proceso de escaneo de sensores, envío y lectura de Tuits lo hace mediante código.

Primer analiza todos los datos de los sensores, y determina en base a ciertos rangos establecidos si es necesario mandar un Tuit pidiendo ayuda, sino solo lo omitirá.

Posteriormente analiza todas sus menciones para ver si hay alguna nueva petición, es decir que si al analizar sus menciones detecta alguna nueva petición, como por ejemplo si se le pregunta “¿Necesitas Agua?” la aplicación de la planta analiza la petición, colectara nuevamente los datos del sensor y arrojara un resultando, mandándolo como una contestación.

Estos eventos se ejecutan cada determinado tiempo, durante todo el tiempo que el dispositivo este prendido.



10 CONCLUSIONES

Por medio del análisis de aplicaciones, librerías y permisos de redes sociales, se ha concluido que Twitter® es la mejor opción para llevar a cabo el proyecto, con la ayuda de tecnología Android® y sensores Electrónicos de luz, Temperatura y Aire y así obtener los resultados más óptimos en las pruebas que se llegaron a realizar.

Fue grato pasar este verano en la UTEM “Universidad Tecnológica Metropolitana” trabajando con todo el equipo del centro de investigación ProteinLab®. Considero que es un proyecto que tiene potencial para crecer y llegar a ser utilizados para diferentes aplicaciones.

11 FUENTES CONSULTADAS

[1] Diario del día, 2006 “Estudio revela las razones de la pérdida de espacio del agro en el mercado laboral”.

<http://www.diarioeldia.cl/articulo/estudio-revela-razones-perdida-espacio-agro-mercado-laboral>.

[2] Canalys, “2010 “Google’s Android becomes the world’s leading smart phone platform”.

<http://www.canalys.com/newsroom/google%E2%80%99s-android-becomes-world%E2%80%99s-leading-smart-phone-platform>

[3] Android Developer, “Current Distribution”.

<http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>

[4] Twitter4j, “Twitter4j”.

<http://twitter4j.org/en/index.html>

[5] OAuth, “OAuth”.

<http://oauth.net/>

[6] W3 “Extensible Markup Language (XML)”

<http://www.w3.org/XML/>

[7] Android Developer “Devices and Displays”

<http://developer.android.com/design/style/devices-displays.html>



ONTOLOGÍA WEB PARA CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Francisco Gutiérrez Vera¹, Claudia Cristina Ortega González¹, Juan José Martínez Nolasco¹,
Claudia Rodríguez Lemus², Donato Villagómez Torres¹

¹Instituto Tecnológico de Celaya, ²Instituto Tecnológico de Roque

francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx, claudia.ortega@itcelaya.edu.mx, juan.martinez@itcelaya.edu.mx, claulemus@itroque.edu.mx

RESUMEN

La WEB es uno de los medios de difusión más grande del mundo, desde su aparición se ha convertido en el lugar en donde se puede encontrar o hacer uso de los diversos servicios de internet. Ha tenido una evolución en la forma en cómo se reutiliza la información, en donde la WEB es el medio y el recurso es la información; esta evolución se debe a la necesidad de acercar el manejo de la información tal como los humanos lo hacemos, incorporando cuestiones semánticas. La web 3.0 o web semántica está jugando un papel importante en esta actividad y es a través de colecciones de descriptores (ontologías) como se está logrando, en este artículo se presenta el trabajo que se desarrolló para crear una ontología bajo la plataforma PROTÉGE (Stanford University USA), se presentan las características generales de las ontologías y la estructura principal desarrollada para clasificar vehículos permitiendo con ello tener una base estructural de la información concerniente al tema.

1. INTRODUCCIÓN

En 1989 cuando Tim Berners-Lee) desarrolló el concepto de World Wide WEB, nunca se imaginó el alcance que tendría su invento. En la búsqueda de compartir información por un medio electrónico consiguió crear un medio atractivo para la mercadotecnia y la difusión de información. El defecto que tenía esa información es que se consideraba estática o fija, como un catálogo de productos. Desde un principio a este tipo de recurso se le llamó página WEB, la cual debía ser modificada manualmente cada cierto período. A este conjunto de páginas se les llama estáticas y no fue hasta los años 2003-2004 que comienzan a surgir nuevas tecnologías WEB que utilizan Bases de datos para compartir información actualizada. A estas nuevas páginas que utilizan información actualizada se les llama páginas dinámicas, donde al tener acceso a información reciente se abren nuevas posibilidades de compartir más datos. Es aquí donde comienza a existir la WEB2.0. Esta WEB no es una forma de presentar información, sino una suma de tecnologías para que apoyan a la presentación de la información, como pueden ser: RSS, sindicación de contenidos, flash, AJAX, Estándares, Ruby and Rails.

Se dice que en la WEB 2.0:

1. La web es la plataforma.
2. La información es lo que mueve al Internet.
3. Efectos de la red movidos por una arquitectura de participación.
4. La innovación surge de características distribuidas por desarrolladores independientes.

Uno de los mejores ejemplos de una WEB 2.0 o colaborativa son las redes sociales. Más allá de que se utilice para actividades banales, es un ejemplo perfecto de colaboración y en cuanto a que la información es el recurso valioso, se presenta como ejemplo Egipto en donde se utilizaron las redes sociales para movilizar al país [1]. Otros ejemplos son los wiki's que no les gustan a los académicos por que ponen como pretexto que ninguna autoridad académica avala lo que ahí se escribe, y es donde ellos no entienden que la 2.0 es una WEB colaborativa y que por lo tanto, les permite a ellos colaborar para que los términos ahí descritos tengan una validez. Un ejemplo más de la parte colaborativa de la 2.0 es el concepto de cómputo en la



NUBE "Cloud Computing", en donde la colaboración con documentos centralizándolos permite a un grupo de personas controlar la información válida para ellos.

Aun no terminamos de explotar la WEB 2.0 o comprenderla del todo y ya está surgiendo una nueva forma de explotar la información: La web 3.0 es conocida como la web semántica, ¿De dónde viene esto? desde que la web se creó, se convirtió en cierta forma en un cúmulo de información sin orden global; es decir, la gente incorporaba información sin relacionarla con otra, de tal forma que el crecimiento de las páginas web que vendían el mismo producto proliferó; pero cada quien lo definía a su propio criterio o convención, con la oferta de servicios por internet ocurrió lo mismo. Lo anterior desencadenó la duplicidad de información y en muchos casos la no concordancia de los mismos. Este fenómeno se puede apreciar en un navegador que utilice un buscador no muy reciente, al utilizar un criterio de búsqueda como por ejemplo BETHOWEN; el buscador traerá como resultado miles o millones de páginas que hablan de esa palabra: ¿Cuántas de esas miles de páginas servirán al lector? pues eso dependerá de la semántica de la búsqueda.

Y entonces: ¿Que es la semántica? Es la parte de la gramática y las reglas de escritura que nos indican que una oración tiene sentido; por ejemplo la frase 'El León vuela por el cielo' es una frase que semánticamente no tiene sentido, a menos claro que se amplíe el contexto y se aclaren cosas como que 'El León' es el apodo de un piloto de aviones. La semántica por ser un concepto lingüístico muy humano se está incorporando a los buscadores de tal forma que ahora estos tratan de ayudarnos con una búsqueda dentro de la web. Es común y muy útil que Google nos sugiera palabras seguidas de las que estamos escribiendo, esto lo puede hacer el buscador gracias a que anteriormente otras personas han buscado algo parecido a lo nuestro y semánticamente tiene sentido sugerir ciertas palabras, hace 20 años el criterio de búsqueda 'BETHOWEN PERRO' no hubiera tenido sentido y hasta podría haber sido una ofensa por relacionar a un músico famoso de la historia universal con un perro, sin embargo; semánticamente tiene sentido para la web debido a una serie de películas en donde un perro se llamaba así. Pareciera que es algo fácil lograr, sin embargo le ha llevado 22 años a los desarrolladores de la WEB, llegar a este tipo de tecnología. Así pues la web semántica requiere de una mejor infraestructura de recursos y no nos referimos a mejores imágenes, audios o videos, sino más bien a una información mejor estructurada y validada.

1. WEB SEMANTICA

La Web Semántica es una Web extendida, dotada de mayor significado en la que cualquier usuario en Internet podrá encontrar respuestas a sus preguntas de forma más rápida y sencilla gracias a una información mejor definida. Al dotar a la Web de más significado y, por lo tanto, de más semántica, se pueden obtener soluciones a problemas habituales en la búsqueda de información gracias a la utilización de una infraestructura común, mediante la cual, es posible compartir, procesar y transferir información de forma sencilla. Esta Web extendida y basada en el significado, se apoya en lenguajes universales que resuelven los problemas ocasionados por una Web carente de semántica en la que, en ocasiones, el acceso a la información se convierte en una tarea difícil y frustrante. [1].

¿En qué tipos de recursos web se basa la web semántica? Se basa en descriptores de recursos (RDF) los cuales definen la estructura que tiene la información y hacia dónde va encaminada, se requieren de lenguajes que permitan crear ONTOLOGÍAS WEB, así como mecanismos de relación y explotación del conocimiento. Una ontología web es un esquema de entidades y sus relaciones lógicas; son éstas las que permiten discernir o enfatizar la relación entre dos entidades (a veces se les llama objetos), y con ello lograr la relación lógica en la figura 1 se observa de donde se obtienen los datos.



Las ontologías utilizan funciones y propiedades de las entidades para crear un vínculo lógico entre ellas, por ejemplo puede existir la entidad LLANTA y la entidad AUTOMÓVIL, ¿Cuál es su relación? Que el automóvil tiene llantas, en una ontología se establece esta relación y puede ser de cantidad, en donde un automóvil tiene 4 llantas, pero las llantas no pueden ser de madera o de acero, ya que las de madera serian para carretas y las del acero para ferrocarriles o algún otro tipo de vehículo. Con esto se manifiesta que semánticamente decir solo los automóviles usan llantas es incorrecto, pero que tiene que ver esto con la WEB que todos usamos, pues mucho, porque a una mejor calidad de información una mejor explotación de la misma. Esto se puede apreciar cuando se esté buscando algún tema y en las primeras 10 páginas sea encontrado.

Una ontología WEB se basa en una clase jerárquica de entidades. Se debe definir el conjunto de entidades que son la base de toda la información que se quiere representar, aclarando que es imposible en una sola ontología abarcar todas las posibilidades; por eso es una base que posteriormente se podrá relacionar con otras ontologías, de estas entidades base se derivan nuevas entidades. Una forma sencilla de verlo es hacer categorías, por ejemplo la categoría vehículos, se subdivide en terrestres, marinos, aéreos y anfibios, después cada categoría se puede sub clasificar en otros: Los terrestres en camiones, automóviles, motocicletas, bicicletas o patines. Todas estas clasificaciones son entidades o clases, que no son la información, si no la base para crear la información. Los objetos creados a partir de ellas representan el conocimiento; por ejemplo cuando se habla de un "vocho" se está hablando de un vehículo terrestre de la marca Volkswagen, modelo sedan, muy económico en cuanto uso de combustible, el cual se volvió un coche clásico de los años 80's. Ahí está la relación semántica de la palabra "vocho" y que en una ontología se debería reflejar ese conocimiento para cuando se busca en internet al escribir 'vehículo económico' la semántica regrese una asociación hacia el "vocho".

Cada entidad en lo ontología debe tener una descripción de sus características propias, así como propiedades compartidas y funciones de pertenencia o restricción. Como por ejemplo "no se puede construir o tener un objeto que pertenezca a dos clases", como los vehículos anfibios, que pueden ser terrestres y acuáticos. La solución es crear una entidad anfibia, la cual tendrá características de las clases terrestre y acuática, pero no pertenece a las dos.

Una ontología por sí sola no es capaz de representar todo el conocimiento de una área pero su interacción con otras hace posible ampliar el conocimiento de un área, la figura 1 muestra un esquema de relación de ontologías, en si se parece mucho a una gráfica de Internet, en donde los puntos más concurridos son ontologías más comunes al lenguaje y los más alejados representan ontologías especializadas en cuanto a un tema.

Mientras más ontologías se desarrollen y se pongan a disposición de los desarrolladores de la WEB, mejor estructura tendrá la información y hablaremos de los mismos términos, una plataforma para el desarrollo de ontologías es PROTEGÉ de la universidad de Stanford [4].

El concepto es tan innovador que existe una gran cantidad de sitios que usan este concepto, por ejemplo la FAO (Food and Agriculture Organization) de la ONU (<http://www.fao.org/countryprofiles/geoinfo.asp>) y la Volkswagen la cual tiene una ontología dedicada a todas sus áreas de servicios en la url <http://www.volkswagen.co.uk/vocabularies/vvo/ns.html>.

2. Elementos en una ontología.

Clase (Concepto): Establecen la descripción de los conceptos de dominio o de una entidad del universo que se quiere representar en las ontologías, ejemplo energía, llantas, etc.

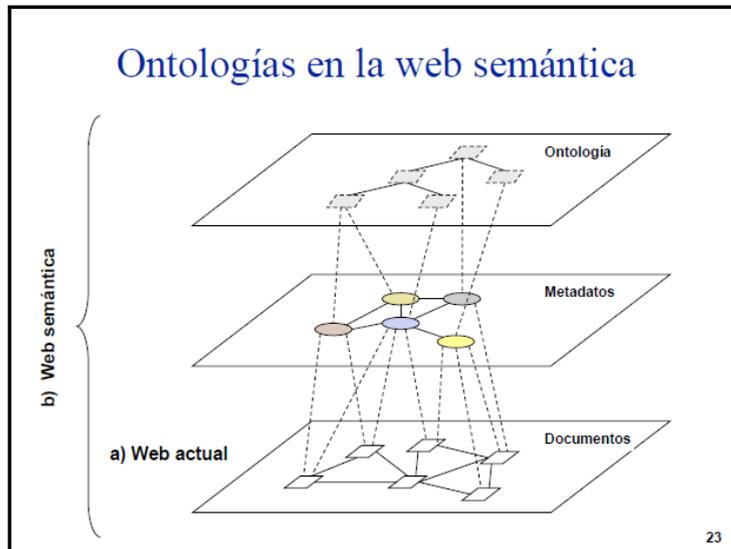


Figura 1 Como se obtiene una ontología.

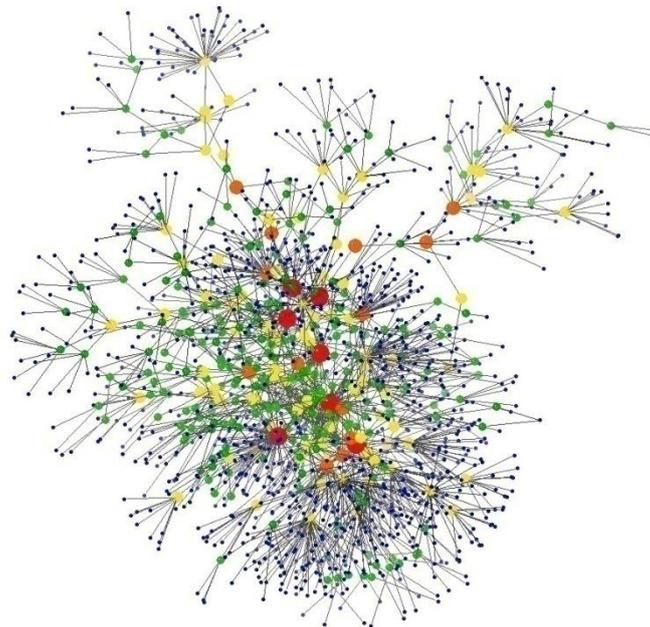


Figura 2 Grafica de relación entre ontologías, los puntos más grandes representan ontologías más amplias y los puntos pequeños ontologías muy específicas.

Es la parte principal de la estructuración del conocimiento. Y es importante decidir que clases son dominantes en base a los objetivos de la ontología ya que una clase puede tener subclases que representan conceptos que son más específicos que dicha clase. Las cuales representarán conceptos más específicos que la clase a la que pertenecen. Una clase cuyos



componentes son clases, se denomina superclase o metaclase, por ejemplo la metaclase es VEHICULO y la subclase es avión.

Instancia: son objetos concretos del dominio, pertenecientes a una clase. Y varias instancias constituyen la base de hechos (base de datos o de conocimiento) del modelo, sus características funcionales son que pueden ser agrupados en clases, en otras palabras representan normalmente a la información final que se quiere representar.

Propiedad o Atributo (Slot): permite describir más detalladamente la clase y sus instancias. Estableciendo que la clase contiene una propiedad que se concretará mediante un valor. Los valores de las propiedades o atributos pueden ser básicos como cadenas de caracteres o números, pero también pueden ser otras clases o instancias (Relación). Por ejemplo el precio de un vehículo, el color, entre otros.

Relación: Interacción o enlace entre los conceptos o clases del dominio que se diseña. Algunas relaciones semánticas básicas son: subclase de, parte de, parte exhaustiva de, conectado a, es un, etc. Suelen configurar la taxonomía del dominio. Las relaciones más simples se diseñan mediante una propiedad de una clase cuyo valor es una instancia de otro concepto.

Axioma: Son las restricciones aplicables a las relaciones entre conceptos para que éstos puedan pertenecer a la ontología, por ejemplo "Si X y Y son de la clase Z, entonces X no es subclase

de Y" o "Para todo X que cumpla con la condición Cond1, A es B.

Herencia: permite que las clases relacionadas (heredadas) cuenten con los atributos de la clase con la cual se relacionan (clase padre).

Herencia múltiple: Se da cuando una clase dada hereda o cuenta con las propiedades de dos clases padre con las que establece dos relaciones del tipo.

Taxonomía: Conjunto de conceptos organizados jerárquicamente. Las taxonomías definen las relaciones entre los conceptos, pero no los atributos de éstos.

Vocabulario: Conjunto de palabras con una explicación y documentación que persigue la universalidad y el formalismo en el contexto de un dominio.

3. Ontología Desarrollada

La Ontología en Vehículos creada estableció una clasificación inicial sobre el tipo de vehículo en cuanto a su medio de movilidad y se definió como primera clasificación marítima, terrestre, aérea y anfibia, en la figura 3 se observa de lado izquierdo las clases generales de la ontología en y en la parte derecha las relaciones existentes entre los objetos. Se definieron como clases principales el tipo de energía que utiliza un vehículo la cual se divide en las clases derivadas animal, humana y mecánica, la razón de esta clasificación es que hay vehículos como las carretas que utilizan animales, las bicicletas humanas y los automóviles motores, esto conlleva a crear la clase motor como una clase principal, por otra parte otra forma de clasificar a los vehículos es de acuerdo al tipo de servicio que ofrece como los autobuses o taxis que son de servicio público y los automóviles (normalmente) servicio privado. Otra clase generada son las



llantas, en donde esta es una súper clase de la cual se derivan clases como hule, acero y madera, las llantas de los autos normalmente son de hule, las de los trenes de acero y algunas carretas utilizan de madera.

La clasificación vehículo, se dividió en la clasificación inicial dada en donde la aérea se clasifico en avión, helicóptero y paracaídas.

Cada clase creada en una ontología debe permitir definir las restricciones de comportamiento hacia otras clases estableciendo con ello si se pueden crear objetos de diferentes clases con características similares pero que al final de la lógica humana sea distintos, esta estructuración se realiza en la plataforma a través de las opciones de “Entidades” **Entity**, en donde se define la jerarquía de las propiedades del objeto, así como la descripción de los individuos que en ella existen y sus propiedades, parte de este proceso se puede ver en la figura 3, en donde se puede observar parte de la descripción de la entidad “byke”.

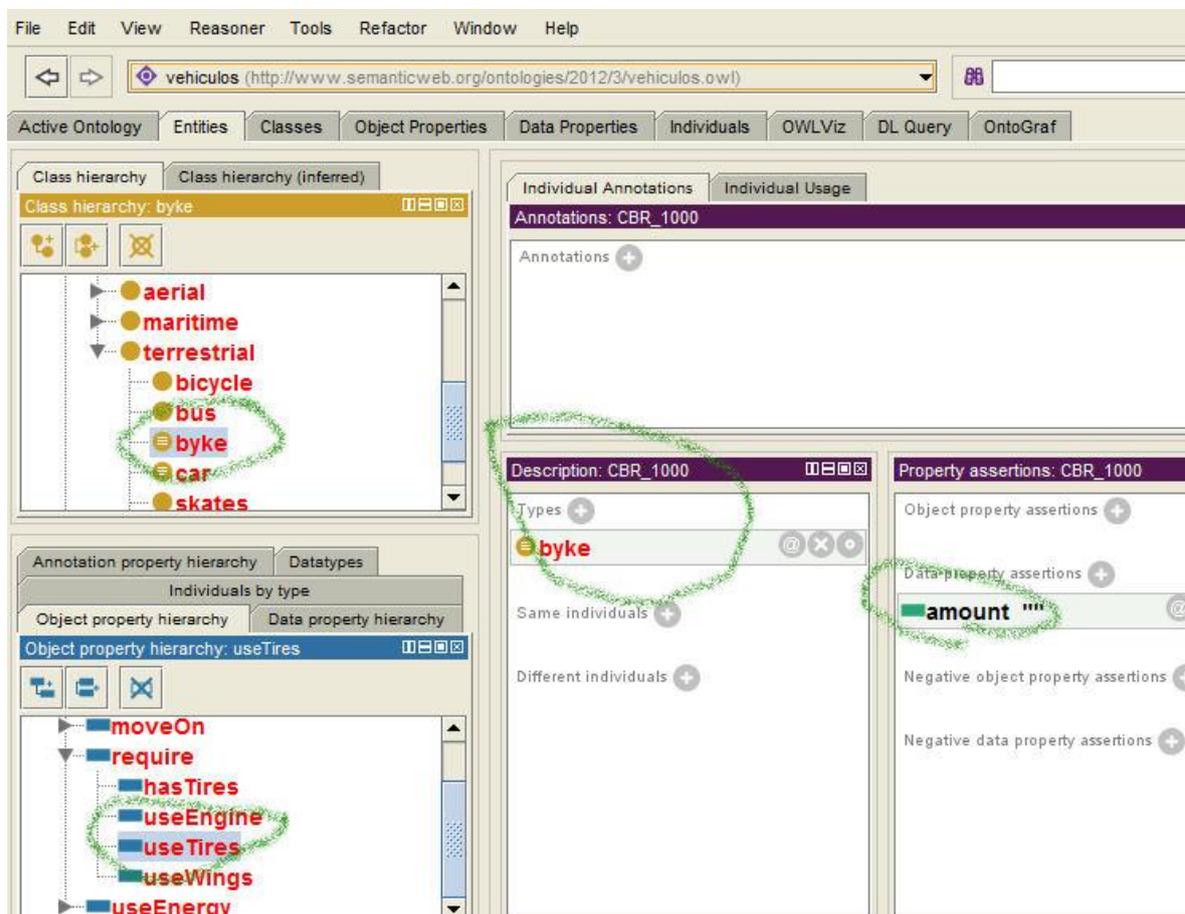


Figura 3. Jerarquía de propiedades de la entidad **byke**.

Del lado derecho de la figura 4, se pueden observar las relaciones creadas con el programa PROTÉGE, con esta plataforma se pueden mostrar parte de las relaciones existentes entre las clases, en la figura se ve la clase **rubber (hule)**, derivada de la clase **tires (llantas)** y por último se encuentran 3 objetos de información llamadas GodYear, GoodYear y YokoHama, estos



objetos de información son básicamente la información real sobre llantas (neumáticos) que se conocen en el mundo real, de aquí se puede adivinar que la cantidad de objetos de información es muy variada, más lo importante de la ontología es el hecho de que por inducción se sabe que todos esos objetos son LLANTAS DE HULE.

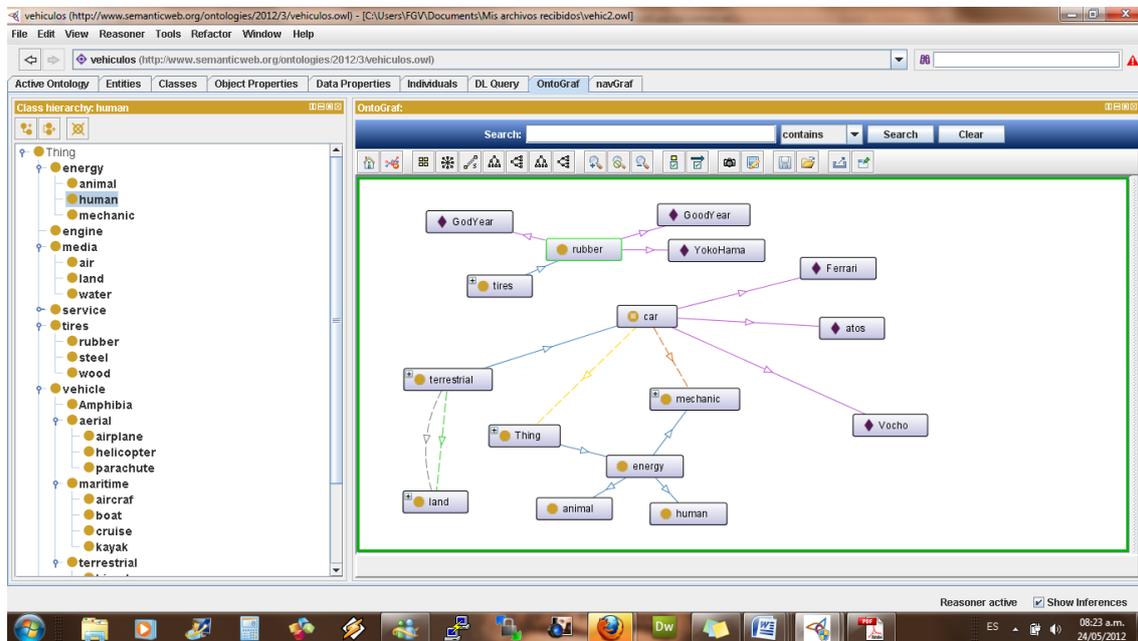


Figura 4. Clases principales y relaciones entre algunas de esas clases

En la misma figura 4 se puede apreciar que un vocho es un individuo “car” y se puede deducir que usa energía mecánica, es un vehículo terrestre y aunque no se muestra en la figura existe una relación entre el tipo de llanta de hule “rubber” y un vehículo en una relación de 4 llantas exactas.

En la figura 5 se muestran más relaciones entre otros objetos y las clases de las cuales se están derivando, en la plataforma PROTÉGE se parte del objeto principal llamado “cosa” **thing** y a partir de él se generan todas las demás relaciones, en esta figura 5 aparecen nuevos **objetos** de información como **freeway** “autopista”, **earth** “tierra” como parte de medio llamada **land** que es el medio que utilizan los vehículos terrestres. Y los objetos de información de la clase **car** que son “vocho”, “athos” y “Ferrari”, todos ellos tienen axiomas hacia la clase **tires**, la plataforma PROTÉGE una vez creada la estructura de la ontología permite exportarla hacia un lenguaje de consultas llamada OWL (Ontology Web Language), el cual es un lenguaje reconocido por sitios u otras aplicaciones que permiten explotar el conocimiento de los objetos de información, la misma plataforma permite validar la información a través de software de inteligencia artificial para realizar consultas sobre los objetos de información creados y con ello hacer búsquedas con sentido, así de esta forma ya se puede saber que un vocho es un carro (automóvil), por último la plataforma permite crear el modelo de la ontología en clases de JAVA, de tal suerte que se puede realizar una aplicación en ese lenguaje que permite tener una aplicación de escritorio o un applet para web.

En la figura 6 se pueden observar algunos de los individuos de información que se introdujeron en la plataforma PROTÉGE, esto con la finalidad de revisar que la estructura lógica de los

axiomas creados permitían obtener información de acuerdo a lo que se estaba buscando. El proceso de búsqueda se hace a través de algoritmos de inferencia como **Kermit** o **Sparsql**, que son plugins que se incorporan a la plataforma.

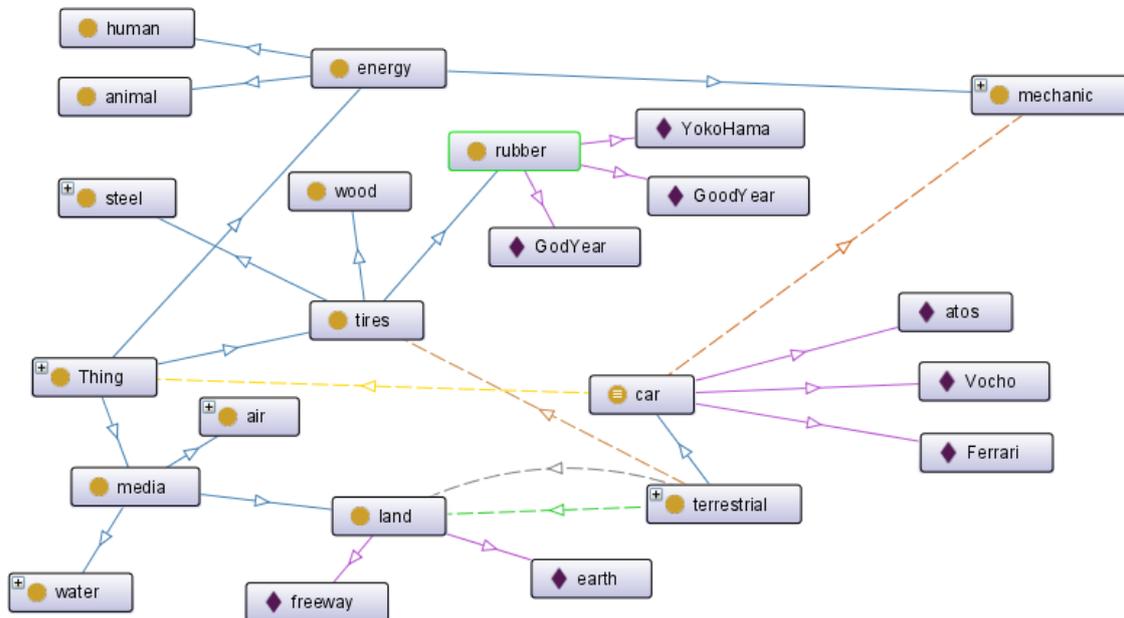


Figura 5 Relaciones de los carros con la tierra las autopistas y las llantas.

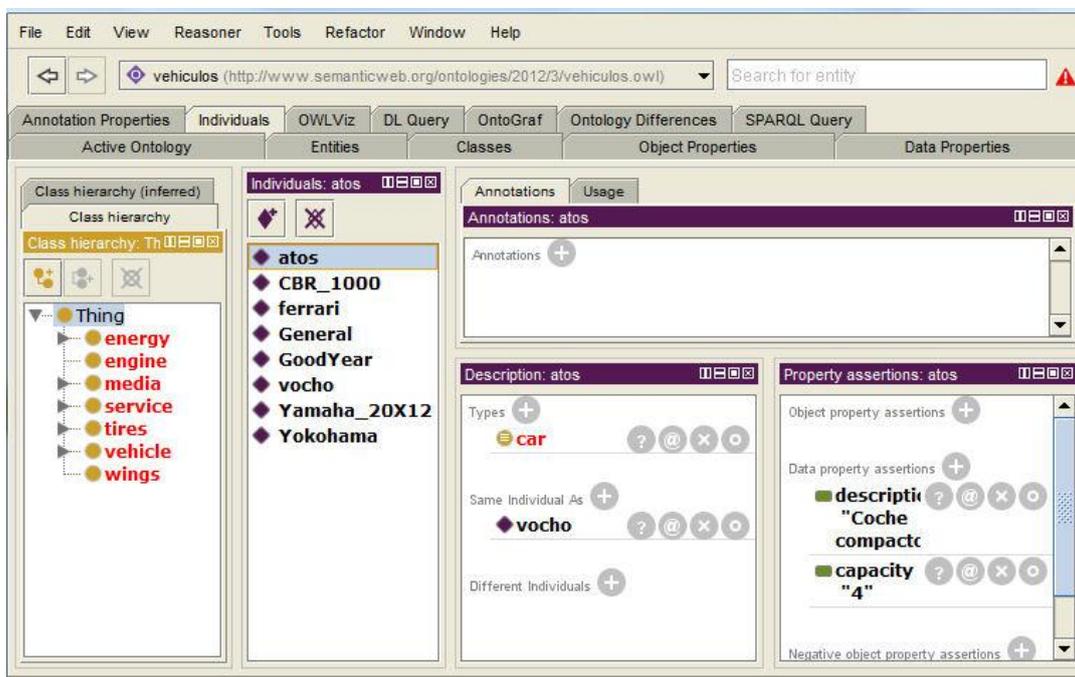


Figura 6. Objetos de información para probar el modelo ontológico



Resultados y conclusiones

Se crearon individuos de varias clases para probar con los razonadores incorporados en la plataforma el funcionamiento de la ontología, los razonadores de la plataforma PROTÉGE permitieron realizar inferencias sobre individuos y sus relaciones con las demás clases, de tal forma que se pueden hacer consultas como “**car**” y nos regresa 3 individuos, si acotamos la consulta que incluya precio se obtiene autos de diferente valor, una consulta más amplia ser empezar por “**tires**” en donde el resultado nos arrojaría varios individuos que tiene que ver con llantas, como son los autos, motos y bicicletas que están incluidos en el modelo final utilizado (**car, byke**), al acotarlo a que solo tengan 2 llantas se eliminan los autos y quedan las motos y bicicletas, esto demuestra que una ontología bien creada permite hacer búsquedas de acuerdo al contexto que se quiera y que el mundo de información se acota de acuerdo a las necesidades que se quiera.

Como resultado de este trabajo la ontología se agregó a un recurso web de la Universidad de Stanford que es un foro de prueba de ontologías, para su validación y posterior uso por otras personas, también se crearon las clases de java y se desarrolló una aplicación de escritorio en la plataforma Netbeans que está siendo probada en el proceso de inferencia.

El reto final es la creación de todos los objetos (entidades) de información, ya que a partir de alimentar y aportar los mecanismos de captura o agregación de esta información la ontología crecerá en información y sería útil cada vez para más usuarios, por otra parte el liberar la estructura de la ontología permitirá que otros usuarios de la web la usen o amplíen y con ello se vincule con otras ontologías.

Referencias Bibliográficas

[1] Web consorcium, pagina WEB <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/WebSemantica>

[2] Julian, Guillermo; WEB; 2010; <http://www.genbeta.com/buscadores/google-adquiere-metaweb-avanzando-hacia-la-web-semantica>

[3] Wesch, Michel; Kansas State University; 2007; Video http://www.theinquirer.es/2007/02/15/como_sera_la_web_40.html

[4] Software para el desarrollo de ontologías; Stanford University; <http://protege.stanford.edu/>

[5] Manual PROTÉGE, Recurso Web; <http://www.slideshare.net/imbarguan/ejercicio-de-la-pizza-del-manual-de-protegea-practical-guide-to-building-owl-ontologies-using-protege-4-and-coode-tools-edition-11>



PLATAFORMA DE TUTORÍA EN LÍNEA PARA MIPYMES

Judith del Carmen Santiago Pérez, Fernando Enrique Sánchez Martínez, Beatriz Herrera Sánchez, Ricardo Armando Barrera Cámara

Universidad Autónoma del Carmen
Calle 56 # 4 Esq. Av. Concordia Col. Benito Juárez C.P. 24180. Ciudad del Carmen,
Campeche. México.

Teléfono (938) 381 10 18 extensión 1506

jsantiago@pampano.unacar.mx

fsanchez@pampano.unacar.mx

bherrera@pampano.unacar.mx

rbarrera@pampano.unacar.mx

Abstrac:

Currently, small and medium enterprises are in peak, as they represent an important contribution to the country's economy. Competition in the market has become for MIPYME an important factor in business work and the incorporation of technology is the key element that is making a competitive MIPYME. The challenges we face are diverse and that is why we offer alternatives such as counseling or tutoring services for these companies online has become an area of opportunity for the experts of Information Technology and thus help improve the productivity and competitiveness of MIPYME.

Keywords: MIPYMES, PIB, incubadora, IES, TI, plataforma en línea, CIL.

Resumen: En la actualidad las pequeñas y medianas empresas se encuentran en mayor auge, ya que representan un aporte importante a la economía del país. La competencia en el mercado se ha vuelto para las MIPYMES un factor importante dentro de labor empresarial y la incorporación de tecnología es el elemento primordial que está haciendo competitiva a una MIPYME. Los retos que se enfrentan son diversos y es por ello que alternativas como ofrecer servicios de asesoría o tutoría en línea para estas empresas se ha convertido en un área de oportunidad para los expertos de tecnologías de información y con ello contribuir a mejorar la productividad y competitividad de una MIPYME.

Palabras Claves: MIPYMES, PIB, incubadora, IES, TI, plataforma en línea, CIL.

1. INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto que los avances tecnológicos han revolucionado la vida del ser humano, no solo como receptor de conocimiento sino también como generador del mismo; hemos observado que dentro de las organizaciones, la posición que adopta el ser humano es aún mucho más importante, debido a que no son los intereses y el crecimiento individual el que está en juego, sino el de una organización con objetivos y metas definidos para permanecer y ser competitivos en el mercado.

El auge que las MIPYMES y su gran aportación al PIB a nivel nacional les ha dado tal importancia que en todo el país se han establecido incubadoras de empresas que dan asesoría, seguimiento y capacitación a todos aquellos empresarios que lo requieran. Sin



embargo, muchas de estas empresas se enfrentan a algunos retos, entre los que destacan la poca experiencia en diversas áreas administrativas, poca importancia a la inversión tecnológica e incluso falta de tiempo para asistir a las incubadoras. Es aquí en donde se ha encontrado un área de oportunidad para los expertos en tecnología y ofrecer servicios de asesoría o tutoría en línea para las empresas, las cuáles por diversas razones no han podido ponerse a la vanguardia tecnológica. Es por ello que tomar en consideración sus necesidades, al igual que sus miedos y resistencias al uso de la tecnología, son aspectos que debemos tomar en cuenta para poder brindar un servicio de tutoría en línea.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Naturaleza del Tema de Investigación

Fomentar el dinamismo de forma eficaz dentro de las MIPYMES se ha convertido actualmente en una necesidad primordial para la supervivencia de las pequeñas empresas. ¿Qué queremos decir con esto? Que el uso de la tecnología no es solo el factor detonante dentro del crecimiento competitivo de las empresas sino que aspectos como creatividad e innovación marcaran la diferencia del éxito entre las MIPYMES.

En la actualidad el Centro de Innovación y Liderazgo (CIL), brinda asesoría personalizada a aquellos microempresarios que están dispuestos a obtener las herramientas necesarias para la consolidación y crecimiento de su negocio. Sin embargo esta asesoría no ha sido suficiente para posicionar a las empresas en la competencia y en muchos de los casos se ha tenido que cerrar la actividad empresarial de dichas empresas. Es por ello que el CIL se convierte en la plataforma ideal para este proyecto y poder ayudar a aquellas empresas que desean situarse entre las fuerzas de cambio que están impulsando un nuevo entorno empresarial, en donde no solo la tecnología tiene su mayor valía sino que es compartida con la parte humana y así posicionarse dentro la competencia empresarial además de incursionar en las nuevas tendencias tecnológicas.

Es por ello que términos como asesoría o tutoría en línea que son muy comunes en los Instituciones de Educación Superior por el impacto que están causando en la población estudiantil y en la innovación educativa, se pueden implementar en las MIPYMES como una medida más de esa creatividad e innovación tecnológica que requieren las empresas para seguir vigentes en el mercado.

Otro aspecto importante a considerar son los factores internos y externos que en su momento hayan generando un problema dentro de las empresas, los factores internos se deben a la carencia de organización, retrasos tecnológicos, falta de capacitación del personal, así como a la escasez de recursos financieros. Los factores externos en gran medida se relacionan con la falta de acceso al financiamiento, las tasas de interés no competitivas, entre otros [1].

Un elemento que no podemos olvidar y al que hay que prestarle atención dentro de esta investigación es la parte humana y su resistencia al uso de la tecnología. Es por eso la importancia de dar respuesta a preguntas como: ¿las MIPYMES aceptan la tecnología? o ¿se resisten al cambio tecnológico? y si presentan resistencia ¿qué factores están influyendo? o desconocen que la tecnología les permite mejorar la eficiencia en sus procesos empresariales, producción, reducir costos y lograr una ventaja competitiva, además de mantener una mejor y mayor comunicación entre clientes y proveedores. Los cambios a los que se enfrentan las



MIPYMES provienen, con una alta frecuencia, del factor tecnológico y llevar a cabo este cambio no es fácil ya que puede existir una resistencia al mismo [2].

2.2. Justificación

La solución tecnológica que se ha propuesto es la implementación de una plataforma en línea que permita a los empresarios que no tienen facilidades para una asesoría y seguimiento presencial en la incubadora, puedan recibir una tutoría personalizada en línea. La incubación de empresas no es solo una gestión administrativa, es todo un proceso de formación y educación; por lo que se pretende homologar el proceso de asesoría y seguimiento que han ejercido las incubadoras de manera presencial con la tecnología disponible actualmente. Se ha comprobado, que la incorporación de metodologías de enseñanza auxiliadas por la tecnología incrementa la eficiencia en la transmisión y adquisición del conocimiento, permitiendo la manipulación de información, la homogenización del conocimiento, disponibilidad y actualización del mismo. La globalización exige competitividad, por ello es necesario estar a la vanguardia de los procesos que garanticen elevar el nivel competitivo.

Con el desarrollo de esta plataforma se beneficia en primera instancia MIPYMES que se encuentran distanciadas de los cambios que asolan la sociedad y al margen de la formación continua por diferentes motivos, quizás el más importante una falta total de recursos y de tiempo para dedicar a acciones formativas que normalmente son puntuales y resultan demasiado costosas. Proyectarles una visión amplia de los beneficios que se obtienen con el uso de las TIC, contribuyendo a la calidad de sus actividades, apoyados con Centro de Innovación y Liderazgo, brindando información que les permita buscar estrategias para incrementar los servicios que ofrece a las MIPYMES, Todo lo anterior se justifica por ser las MIPYMES la columna vertebral de la economía nacional por el impacto en la creación de empleos y la producción nacional, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)[3]

2.3. Propósito

El proyecto tiene como finalidad proporcionar a las micro, pequeñas y medianas empresas ayuda en la gestión y asesoramiento a través de la formación profesional y la práctica a nivel de la empresa individual. Se pretende proporcionar herramientas adecuadas para brindar un mejor servicio, aprovechar sus recursos y ampliar su competitividad ante otras empresas, además del monitoreo constante del desarrollo de esa empresa una vez puesta en marcha o de aquellas que solo buscan una consultoría eventual.

2.4. Definiciones Conceptuales y operacionales

Una modalidad innovadora de apoyo y fomento a la pequeña y micro empresa es la denominada incubación de empresas. Este servicio se está desarrollando de distintas maneras de acuerdo a la realidad de cada país. Las incubadoras de empresas brindan servicios de asesoría especializada, capacitación e infraestructura administrativa a los pequeños y micro empresarios en forma compartida con la finalidad de consolidar el desarrollo de estas empresas.



Las incubadoras de empresas apoyan la formación de grupos iniciales y propicia el intercambio de experiencias en torno a los avances en diferentes campos especializados.

Lo novedoso de la incubación de empresas es que su política se orienta a la creación de nuevas empresas, y la formación de jóvenes empresarios. Durante la creación de empresas la población objetivo tiene una participación activa en el desarrollo de los estudios de factibilidad técnica, económica y de mercado, así como de la organización empresarial.

Las incubadoras de empresas ofrece a las empresas en formación servicios compartidos de: Información, capacitación, trámites para acceder a servicios bancarios, organización, comercialización.

Las micro, pequeña y mediana empresa (MIPYMES) necesitan incorporar tecnología para facilitar las actividades del negocio, permitiendo ser más productivas e incrementar su eficiencia, dejando de ser vulnerables ante la competencia.

Las MIPYMES presentan diferentes necesidades que pueden satisfacer por medio del uso de las Tecnologías de Información (TI) para mejorar los procesos productivos, o bien pueden contratar a empresas que proveen soluciones tecnológicas, y dentro de las incubadoras de empresas esta incorporación de tecnologías las hace aún más novedosas.

Con lo anterior expuesto, otro aspecto importante a tratar y que es objeto de este estudio es la tutoría en línea pero vista desde un enfoque empresarial y no puramente educativo, pero que sin embargo se puede aplicar en este ramo convirtiéndose así en un área de oportunidad para los expertos en TI.

Cuando hablamos de tutoría en línea se relacionan estos términos con las IES, si bien son conceptos que están más relacionado con las Instituciones de Educación Superior, los cursos que se imparten y la retención de la población estudiantil para evitar la deserción, también son términos que se han movilizadas al área empresarial en un principio como tutoriales, luego como tutores de cursos especializados y ahora con la creciente necesidad de incorporar las TIC en las empresas para volverte más competitiva y garantizar la operatividad de la misma.

En este sentido es el apoyo que se le brindaría a las MIPYMES de Ciudad del Carmen, a través del Centro de Innovación y Liderazgo que es el centro especializado en brindar a las micro, pequeñas y medianas empresas los servicios de asesoría y consultoría, capacitación especializada, asistencia técnica, incubadora de empresas, misiones comerciales, conferencias, seminarios y congresos nacionales e internacionales, investigación y desarrollo.

Otro aspecto fundamental es el uso de las TIC en el contexto de la competitividad empresarial, en donde la innovación es un factor primordial para tener una posición competitiva privilegiada, esto como resultado de un mercado global cambiante en donde la diferencia es contar con una alta competitividad.

Incorporar las TIC en las empresas, en todos sus ámbitos como medida clave para favorecer su competitividad es uno de los objetivo de este trabajo. Para lograr esto es importante identificar las barreras que no han dejado a las MIPYMES darle a las TIC la oportunidad de cambiar su vida y desarrollo empresarial.

Las tecnologías de información y comunicación emplean herramientas para la transmisión de información principalmente, usando la informática, el Internet y las telecomunicaciones; mediante la utilización de una serie de dispositivos y programas que permitan realizar dicha transmisión de información.



El empleo de las tecnologías de información y comunicación contribuye a disminuir la brecha digital que existe en una localidad determinada, entre los habitantes de la misma y sin duda alguna entre los distintos sectores empresariales, ya que aumenta el número de usuarios que las utilizan como instrumento tecnológico cotidiano para el desarrollo de sus actividades. Además, mediante el empleo de las TICs se convierten las fronteras geográficas en fronteras digitales acercando empresas e individuos y agilizando el desarrollo de sus operaciones diarias, mejorando de alguna manera sus actividades administrativas y operativas. Las tecnologías de información y comunicación han marcado nuevas formas de comunicación y de trabajo, incluso de vida por lo que su uso dentro de las empresas, pueden ayudar a la empresa a crecer, además pueden mejorar la eficiencia de los diferentes procesos empresariales.

El desarrollo de esta investigación se enfoca a tomar todos elementos que impactan en la MIPYMES para hacerlas competitivas en un mercado globalizado a través de una plataforma de tutoría en línea desde donde podrán realizar las operaciones

3. DESARROLLO

Esta investigación es el primer paso de varios que tendrán que darse, fundamentándose posteriormente en aspectos cuantitativos que permitirán acciones más objetivas y estrategias más efectivas. Esta investigación es un proceso formal y sistemático, coordina el método científico, de análisis y generalización con las fases deductivas, se apoya dentro de un contexto teórico, emplea cuidadosamente el procedimiento de muestra. Esta investigación es descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación, de cómo un grupo se conduce o funciona en el presente, trabaja con realidades y características fundamentales, es presentar una interpretación correcta. Una vez que hemos conceptualizados los diferentes términos que nos ocupan en este estudio, es necesario describir la metodología a seguir. Esta investigación comprende tres etapas a desarrollar (véase Ilustración 1).

En una primera etapa se abarcarán actividades de recolección de información, análisis de datos para determinar los elementos relevantes que están afectando la permanencia de las empresas en el mercado. Del mismo modo se diseñarán los instrumentos necesarios que nos ayudarán a obtener la información requerida.

Una segunda etapa abarca el diseño de estrategias basadas en la tecnología de aquellos que lo requieran para brindar soluciones efectivas al problema que nos aqueja y que justifica el proyecto.

Una tercera etapa comprende la implementación de la plataforma así como la evaluación de la misma en función de los hallazgos encontrados.

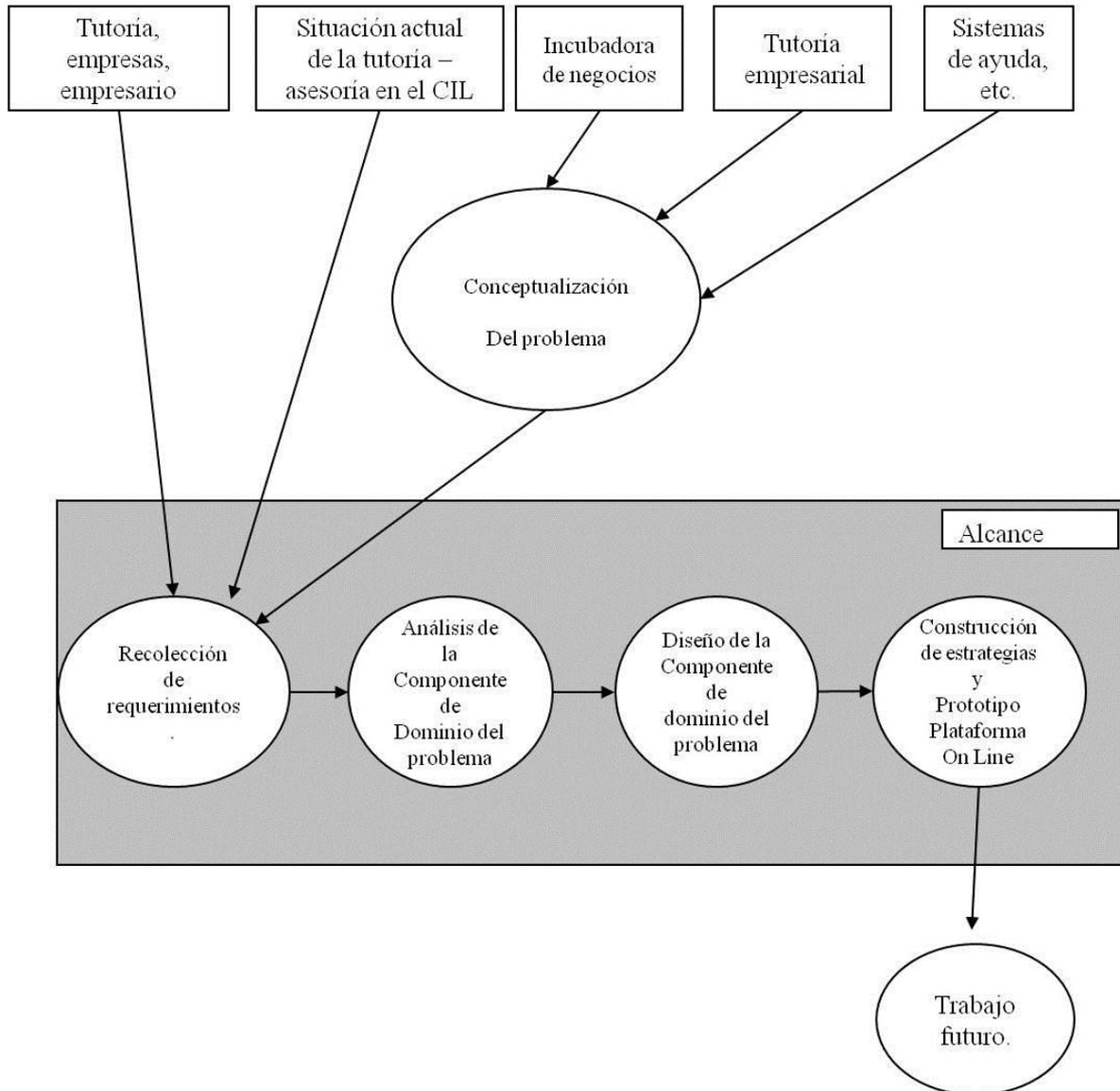


Ilustración 1.- Diagrama del alcance de la Plataforma de Tutoría en Línea para MIPYMES.

Como parte del trabajo que se está desarrollando en la primera etapa, se tomaron para su revisión y análisis trabajos relacionados con las MIPYMES en cuanto a la incorporación de las tecnologías, como la evaluación y análisis de repositorios de software, en donde se especifica que de la búsqueda, análisis y evaluación de los repositorios de software se llegó a la conclusión de que en México no existen repositorios de software libre para PYMES y los repositorios disponibles en la web, no se encuentran homogenizados. Todos ofrecen diferentes servicios y no tienen como objetivo principal el apoyo a las pymes, sino que las consideran tan solo como una categoría. Dichos repositorios al no ser orientados directamente a las PYMES presentan poca o nula información acerca de las aplicaciones disponibles produciendo aún más confusión entre los usuarios, ya que no todos los propietarios de PYMES tienen conocimiento de cómo usar las herramientas tecnológicas [1]. Resultando de esto los requerimientos que un repositorio orientado a pymes y usuarios con poca experiencia tecnológica debe cumplir son:



- Especificaciones del software elegido.
- Idioma español
- Opinión del usuario
- La disponibilidad de tutoriales y video-tutoriales.
- Licenciamiento.
- Capacitación.
- Categorización.

Aunado a esta información se determina que todos los sectores tienen necesidades de herramientas tecnológicas, en general todos usan sistemas operativos, ofimática, antivirus y correo electrónico. Para el sector comercio se recomendarían software para el control de clientes, para el control de ventas, de inventario, así como de comunicaciones. En el caso del sector industria, se requieren software para la comunicación entre usuarios, el manejo de base de datos, etc. El sector de servicios hace uso de herramientas para realizar páginas web, compresores de archivos, etc.

Otro aspecto que se analizó es la opinión de los empresarios con respecto a la tecnología, mencionando lo siguiente:

1. Plantean que desconocen la tecnología, pero que estarían dispuestos a entrar al cambio tecnológico en beneficio de su propia Microempresa.
2. Requieren de la Tecnología, pero no cuentan con el recurso económico para llevar a cabo el cambio tecnológico.
3. Cuentan, al menos con un equipo de Cómputo, pero no saben utilizarlo, requieren de capacitación.
4. Tienen un equipo y un software comercial, que les genera gastos económicos cada vez que requieren de mantenimiento preventivo, correctivo y actualización del Software.
5. Conocen poco y solo utilizan el Office para ciertas tareas.
6. Requieren de sistemas de información que les permita desarrollar procesos en poco tiempo.
7. Requieren de Tecnología para la promoción de sus servicios.
8. No necesitan una tecnología tan avanzada, que están trabajando bien.
9. Que no tienen habilidad para explotar al ciento por ciento la tecnología con la que cuentan actualmente.

Se logró observar que algunas microempresas están incorporando nuevas tecnologías y formas de trabajo, otras requieren de la tecnología pero no cuentan con el recurso, también se identificó la falta de capacitación en el área, hacer un cambio de inmediato puede generar gastos significativos para la microempresa [2].

Es importante para el proyecto conocer la opinión de los clientes (empresario) con respecto a sus necesidades tecnológicas y es por ello que esta parte de la investigación cobra mayor importancia dado que se amplía el alcance del proyecto, por los servicios que el CIL presta y que serán parte de la atención que se dará con la plataforma de tutoría. Un aspecto que es importante puntualizar es cada empresa es diferente a las demás, por lo que es preciso el acompañamiento individualizado.

Analizar los resultados de los factores que influyen en la resistencia al cambio tecnológico nos proporcionará los elementos que servirán de base para obtener la información necesaria que



nos indique los factores influyentes y como tratarlos par que no sean un obstáculo en la propuesta [2]. Algo que pudimos detectar en este estudio es que no se presentas datos de las empresas que sirvieron de muestra en el estudio por lo que se desconoce si se atendió todos los sectores empresariales, por lo que tendremos que realizar una nueva muestra por sector y obtener nuevos parámetros para evaluar y determinar esos factores clave en esta resistencia tecnológica.

Dentro del trabajo que se está desarrollando en esta etapa está la de identificar las necesidades de las empresas por sector empresarial dado que no todas las MIPYMES pertenecen al mismo sector los requerimientos varían por lo que deben ser atendidos de acuerdo a su categorización.

4. CONCLUSIONES

Todas las empresas pueden innovar y las TIC constituyen una oportunidad, es por ello que su incorporación a las MIPYMES debe realizarse de forma progresiva y ordenada.

Es fundamental que las empresas reconozcan la importancia que tiene las TIC dentro de la actividad empresarial de las MIPYMES. Es por ello que cobra mayor importancia el hecho de que las empresas incorporen las TIC desde su fase de emprendimiento, por lo que el uso de las TIC debe considerarse ya desde que se elabora el plan de negocio. El acercamiento de las TIC a las empresas comienza con la concientización y sensibilización, dando a conocer las oportunidades y beneficios que aportan las TIC, y proponiendo soluciones a la medida de las MIPYMES.

5. REFERENCIAS

- [1] **R. Barrera, F. Sánchez, C. Zavala, M. Méndez.** “Modelo de Asistente para la Identificación de Necesidades en PYMES”. Congreso Nacional de Energía Eléctrica y Electrónica del Mayab. ISSN – 16650271. Pág.909. 2012.
- [2] **B. Herrera, J. Santiago, J. Reding.** “Cambio Tecnológico en el Centro de Innovación y Liderazgo: Caso MIPYME’S”, CONACI Pag. 160. ISBN 9786077826156. 2011
- [3] **INEGI** [URL:<http://www.inegi.org.mx/>]
- [4] **Secretaría de Economía**
[URL:http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p_Boletines]
- [5] **Herrera S. B., Santiago P. J. del C., Barrera C. R. A., Reding D.J.G.** “Análisis de 4 factores de la resistencia al cambio tecnológico en las MYPIMES”. 2do Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria Santa Elena, Flores Peten, Guatemala Pag. 488. ISBN 9789929814103. 2012.
- [6] **Borrego D.** “Herramientas para pymes.com. Borrego, consultoría, capacitación y negocios”. México. [URL:<http://www.herramientasparapymes.com/>]
- [7] **Barrera R., Sánchez F., Méndez M., Pérez J.** “Software libre una alternativa tecnológica para las Pymes”. ITMérida ISSN 1665-0271. Pág. 351 CONIEEM 2011.



PROTOTIPO DE REPOSITORIO WEB PARA LA INTRANET DE LA UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Melissa Blanqueto Estrada, Vladimir Cabañas Victoria, Sergio Solís Sosa, Laura Dávalos Castilla, José De Jesús Chan Coh

Universidad de Quintana Roo

melissa@uqroo.mx, vdrakul@uqroo.mx, sersolis@uqroo.mx, laurad@uqroo.mx,
0607953@uqroo.mx

RESUMEN

La Intranet es un sistema de comunicación imprescindible para la gestión de la información en una organización. Poseer una infraestructura de red posibilita el desarrollo de procesos relacionados con la Gestión de la Información (GI), tales como: selección, localización, adquisición, análisis, almacenamiento, recuperación y difusión. En el caso de la Universidad de Quintana Roo (UQRoo), los servicios tecnológicos como el portal web, correo electrónico, agenda electrónica, plataforma de educación a distancia, además de los sistemas de información desarrollados por el Departamento de Cómputo y Telemática representan parte del soporte tecnológico a disposición de la comunidad universitaria para llevar a cabo las actividades académicas y de gestión administrativa. Una de las limitantes comunes para el intercambio y almacenamiento de la información son las cuotas en capacidad de almacenamiento que se manejan a nivel institucional. Los académicos y estudiantes optan por utilizar dispositivos físicos (memorias flash USB, discos duros) o servicios web (Dropbox, 4shared, GoogleDocs, entre otras) como medio para el intercambio y almacenamiento de sus recursos digitales (documentos, música, video). Sin embargo, los dispositivos físicos pueden representar un gasto económico, son susceptibles de pérdida; y en el caso de los servicios web, las aplicaciones residen en servidores externos por lo que su aprovechamiento depende de la velocidad de conexión a Internet y el proveedor del servicio.

Por lo anterior, se propuso desarrollar un prototipo de sistema de información que funcione como un repositorio web en la Intranet de la UQRoo para el intercambio y almacenamiento de recursos digitales. El prototipo de repositorio web se construyó en forma iterativa incremental, presenta características básicas de seguridad, el usuario puede autenticarse a través de LDAP a su espacio de almacenamiento, así como realizar diversas tareas para gestionar y compartir sus recursos digitales. Las herramientas tecnológicas para su desarrollo fueron: un servidor web Apache, PHP, MySQL y Webmin. Actualmente el prototipo se encuentra en funcionamiento y se realizará la evaluación de su desempeño para incorporar nuevas funcionalidades e incrementar su aprovechamiento entre la comunidad universitaria.

Palabras clave: Almacenamiento, gestión de la información, repositorio web.

ABSTRACT

Intranet communication system is essential for information management at organizations. To own a network infrastructure enables the development of processes related to Information Management (IM), such as selection, location, acquisition, analysis, storage, retrieval and dissemination. In the case of the University of Quintana Roo (UQRoo), technology services such as website, email, PDA, distance learning platform, and information systems developed by the Department of Computer and Telematics represent part of technological support available to



the university community to carry out the academic and administrative management. A common limitation to the exchange and storage of information is storage quota, managed at the corporate level. Faculty members and students use physical devices (USB flash drives, hard drives) or web applications (Dropbox, 4shared, GoogleDocs, etc.) as means for exchange and storage of digital resources (documents, music, video). However, physical devices can represent a cost, are susceptible to loss, and in the case of web services, applications reside on external servers so their use depends on Internet connection speed and the service provider.

Therefore, a prototype information system that works as a web repository in the Intranet is proposed, for files exchange and storage. The web repository prototype was built by incremental iterative cycle, presents basic safety features, users can be authenticated by LDAP to their storage space and perform various tasks to manage and share their digital resources. Technology tools for development were: Apache web server, PHP, MySQL and Webmin. Currently the prototype is in operation and its performance will be evaluated to incorporate new features and improve its use in university community.

Keywords: Storage, information management, web repository.

1. INTRODUCCIÓN

La intranet en una universidad como medio para gestionar información se convierte en una ventaja para la comunidad académica y administrativa. La gestión de la información se refiere a las actividades que contribuyen a una generación, coordinación, almacenamiento, recuperación y difusión de la información, en cualquier formato, y desde fuentes internas o externas, dirigidas al funcionamiento eficiente de la organización [1]. Existen diversos servicios web que en la actualidad apoyan a estas actividades, tales como: Google Drive [2], Dropbox [3], 4shared [4], entre otros. Estos servicios web, se basan en el concepto de computación en la nube y ofrecen aplicaciones para sincronizar, compartir, asignar permisos y restringir el acceso a información. Sin embargo, la computación en la nube tiene ciertas desventajas, como se menciona en [5]: requiere una conexión a Internet constante, no funciona correctamente con conexiones a baja velocidad, las características de las aplicaciones pueden ser limitadas, la información almacenada podría estar accesible a usuarios no autorizados y existe el riesgo de no recuperar la información de los servidores externos en caso de una pérdida accidental.

El Centro de Tecnologías de la Información y la Comunicación (CTIC), perteneciente a la UQROO, cuenta con los requerimientos de una intranet de alta velocidad, hardware y software indispensables para el funcionamiento de diversos sistemas y servicios, tales como el correo electrónico, portal universitario, sistemas bibliotecarios y administrativos. Por lo tanto, existen los elementos necesarios para desarrollar aplicaciones que aprovechen la capacidad de almacenamiento, velocidad de transferencia y seguridad. Existía un servicio básico de FTP, pero la interfaz gráfica no era adecuada y dificultaba su utilización. Por lo anterior, se decidió realizar un análisis para determinar las características que podrían mejorarse y crear una aplicación que facilitara el intercambio de recursos digitales entre la comunidad universitaria.

1.1. Descripción del problema

En la Universidad de Quintana Roo (UQRoo), la información y los contenidos digitales representan un recurso importante para las actividades académicas de los profesores y estudiantes, así como para la gestión administrativa. La comunidad universitaria almacena información en usb flash, discos compactos, aunque también se empiezan a utilizar los



servicios de almacenamiento gratuito (Skydrive, Google Drive, Dropbox). Si se trata de usar un dispositivo físico existe el riesgo de compartir archivos infectados y también se vuelve inadecuado si la persona requiere la información rápidamente y se encuentra en otro lugar geográfico. Es posible usar el sistema de correo electrónico, sin embargo la principal limitación es el tamaño del archivo que se puede enviar. La propuesta de este proyecto fue implementar un sistema informático de almacenamiento y transferencia de archivos que funcione en la intranet de la UQRoo.

1.2. Objetivos

El objetivo general fue implementar un sistema informático para el almacenamiento y transferencia de archivos que beneficie a la comunidad de la Universidad de Quintana Roo.

Para lo cual, se fijaron los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los requerimientos de los usuarios para almacenar y compartir archivos.
- Diseñar el modelo de información requerido para llevar a cabo el almacenamiento e intercambio de archivos.
- Codificar los módulos correspondientes al diseño previo.
- Probar el sistema para analizar su funcionamiento.
- Implementar el sistema para su utilización entre la comunidad universitaria.

2. DESARROLLO

A continuación se presentan las fases del desarrollo del repositorio web.

2.1. Análisis de requerimientos.

Se llevó a cabo la revisión del servicio de FTP que se encontraba en funcionamiento y se detectaron las siguientes necesidades:

- Permitir la autenticación con validación de usuario y contraseña del correo institucional.
- Incrementar la cuota de almacenamiento (Mínimo 200MB).
- Presentar opciones para la creación de carpetas, intercambio de archivos, carga de archivos, copiar, mover, pegar, renombrar y eliminar, intercambio de carpetas.
- Garantizar la disponibilidad del sistema e incrementar la capacidad de almacenamiento, para esto es necesario analizar los requerimientos mínimos de hardware y software.
- Mejorar la seguridad al momento de autenticarse. Por lo cual es indispensable diseñar una estrategia para difundir las políticas de uso apropiado del sistema, así como excluir la navegación indeseable hacia archivos o carpetas que puedan acceder al servidor.
- Mejorar el entorno para una interacción confiable y amigable con el usuario, mantener y mejorar el acceso a todas las opciones del archivo.

2.2. Diseño.

Arquitectura de la aplicación

La arquitectura del repositorio es cliente/servidor, y la configuración del entorno de desarrollo fue el siguiente: servidor web Apache, servidor de base de datos MySQL, módulo PHP,



aplicaciones de administración Webmin, phpMyAdmin, todo esto en un servidor con plataforma Sun Solaris, con capacidad de 500GB en disco duro, 1GB de RAM y 20GB de memoria virtual.

Para la funcionalidad del lado del cliente se consideró que el navegador debía tener compatibilidad con Adobe Flash®, por lo tanto se probaría en navegadores como Firefox4, Internet Explorer 7, Google Chrome 15, Opera 9 y Safari 5, o versiones superiores.

Planificación de la interfaz gráfica

Para crear la estructura y funcionalidad del repositorio web se desarrolló un mapa de navegación y un *layout* de acuerdo a las características y funciones que se esperaban de la aplicación. La creación del mapa de navegación es útil en el desarrollo de los sitios ya que permite a través de una gráfica, mostrar las secciones que conformarán el sitio y los niveles de navegación para cada uno de los canales, tal como observamos en la Figura 24.

La interfaz gráfica se diseñó para una resolución de 1024 x 768 píxeles. Se consideró un área de seguridad, ya que los navegadores utilizan espacio vertical para componentes como la barra de herramientas, y espacio horizontal para barras de desplazamiento. El área de seguridad de la resolución quedó en 982 x 600 para colocar cualquier elemento gráfico dentro de estas dimensiones.

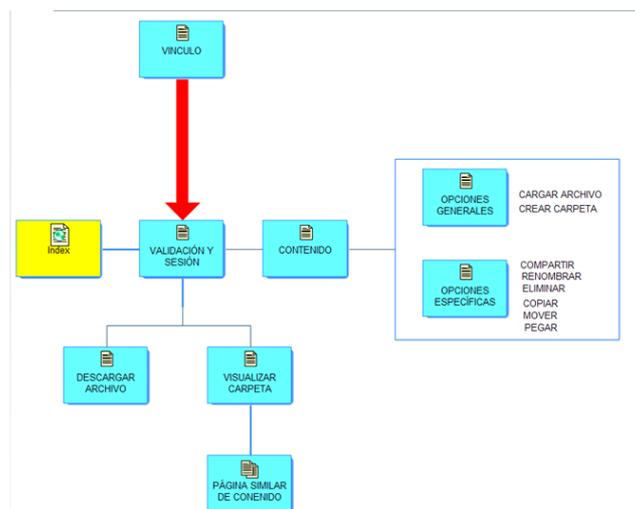


Figura 24. Mapa de navegación

Por otra parte, la estructura o *layout* del sitio web ayudó a definir los espacios de información y navegación, se consideraron los fundamentos de usabilidad como: consistencia, jerarquización, fácil reconocimiento y aprendizaje de los espacios de información. Cada pantalla a visualizar se organizó en tres columnas. A continuación se detallan los elementos estructurales de cada página, donde se aprecia la consistencia en la ubicación de los elementos. (ver Figura 25)

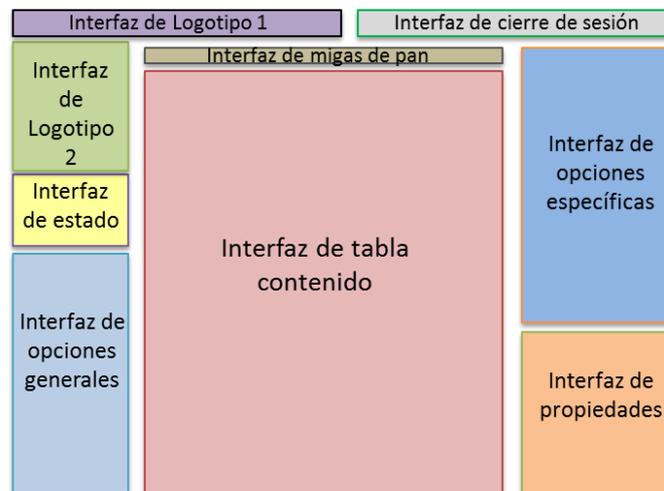


Figura 25. Diseño de estructura

Después de realizar el mapa de navegación, se diseñaron las interfaces gráficas para los módulos de autenticación, página principal y página de descarga. El módulo de autenticación es donde el usuario deberá proporcionar su usuario y contraseña de correo institucional. En la página principal de inicio se presentarían todas las opciones de la aplicación, tales como: cargar archivo, nueva carpeta, tabla de archivo, cerrar sesión, compartir, no compartir, compartir sin contraseña, compartir con contraseña, guardar cambios y cerrar. En esta página principal se visualizaría una barra de estado, el tamaño de almacenamiento otorgado, el tamaño disponible y el utilizado. En el caso del módulo de descarga, serviría para el intercambio de información, para permitir descargar un archivo o navegar por una carpeta compartida.

2.3. Codificación.

En la codificación del repositorio, se utilizó el entorno de programación Macromedia Dreamweaver© 8. Como se mencionó anteriormente php fue el lenguaje de programación, pero también se incorporó AJAX, para mejorar el tiempo de ejecución de cada operación. Para la *interfaz de almacenamiento*, después de haber autenticado al usuario con una consulta al servidor LDAP con el usuario y contraseña del correo electrónico, se inicia la sesión para el usuario y aquí puede utilizar la opción para cargar archivo. Al llamar esta opción se envía información a un archivo Flash para visualizar el avance en la carga del archivo, aunque también se proporcionó como alternativa un asistente de subida básico (ver Figura 26).



Figura 26. Cargar archivos, presentando el asistente de



Para la *interfaz de la tabla de contenido*, después de la carga del archivo o la creación de la carpeta se observará el contenido agregado al repositorio y sus características (ver Figura 27).

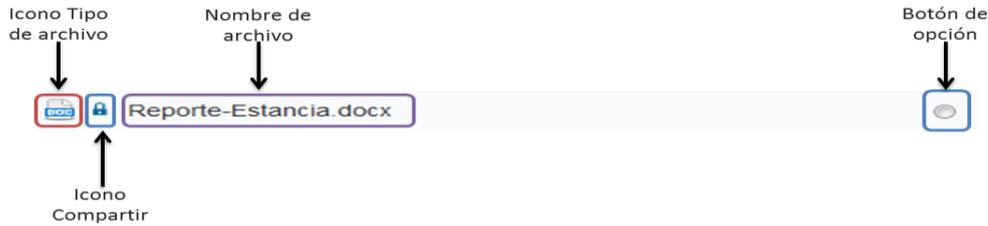


Figura 27. Tabla de contenido con las características de archivo

El código que funciona en la figura anterior reconoce entre un archivo o una carpeta, en el caso de ser un archivo extrae su extensión y localiza el icono que corresponda para mostrarlo, de lo contrario se muestra el icono de una carpeta. El icono compartir cambiará según el estatus del archivo en la base de datos: archivo no compartido, archivo compartido sin contraseña establecida y archivo compartido con contraseña segura.

Para la *interfaz de opciones de archivo*, se consideraron las opciones de compartir, renombrar, mover, copiar, pegar y eliminar.

La *interfaz de propiedades* muestra las características que posee el archivo o carpeta al estar seleccionado: nombre del archivo, tamaño, fecha de modificación y tipo.

En la *interfaz de estado* se proporciona información sobre la cuenta del usuario, que se obtiene del proceso de autenticación y contiene la sesión, para verificar la cuota asignada al usuario por el administrador. Se utilizó una barra para mostrar el porcentaje de cuota utilizada y cambiará de color para indicar el porcentaje de ocupación de almacenamiento (ver Figura 28).



Figura 28. Interfaces de opciones de archivo, propiedades y estado.



Para el *intercambio de archivos*, el usuario genera un enlace al archivo o carpeta que tendrá la opción de compartir con contraseña o sin contraseña. El enlace podrá compartirse y contendrá un identificador y un código que servirá para consultar en la base de datos la ubicación del recurso compartido y permitir la descarga o el recorrido de la carpeta (ver Figura 29). Si se trata de un archivo el botón servirá para descargar, de lo contrario si es una carpeta permitirá visualizar su contenido y los archivos podrán descargarse.



Figura 29. Interfaz de descarga.

2.4. Pruebas.

Para las pruebas de funcionamiento, se alojó el sistema en un servidor de pruebas del Departamento de Desarrollo Web. Se realizaron pruebas unitarias en cada página, de integración y uso por parte de varios usuarios finales. Las pruebas realizadas en navegadores es importante en este tipo de sistemas por las versiones de navegadores que existen. Para esto se utilizó Browsershots [6], que es una aplicación web de código abierto para probar la compatibilidad del diseño web de un sitio en diferentes sistemas operativos y navegadores. Se seleccionaron los navegadores y versiones, el resultado arrojó 88 capturas por plataforma de sistema operativo: 42 capturas fueron de Windows, 34 de Linux, 8 MAC OS y 4 BSD. En el caso de los navegadores, el resultado se dividió en: 37 capturas de Firefox, 10 de Chrome, 9 de SeaMonkey, 9 de Opera y 5 de Internet Explorer. Algunas de las características y criterios del sistema que se analizaron en los navegadores fueron: anticipación, autonomía, colores y legibilidad, eficiencia, navegabilidad, aprendizaje, interfaz visible, sobrecarga de información y diseño.

La funcionalidad que se validó en los diferentes navegadores fue: autenticación, conexión a la base de datos, carga de archivos, creación de carpetas, visualización del contenido, navegación entre carpetas, eliminación de archivos y carpetas, modificación de nombres, operaciones de manipulación de archivos (copiar, mover, pegar, eliminar), visualización de la barra de estado, visualización de las propiedades del recurso digital.

Los errores más comunes que se detectaron fueron de sintaxis y lógicos, que se corrigieron gradualmente en las interfaces. También se obtuvo retroalimentación de los usuarios finales que revisaron el funcionamiento de las interfaces y que nos hicieron llegar sus puntos de vista sobre el funcionamiento en general.



2.5. Implementación.

Para la implementación, se migró la aplicación a otro servidor y se colocó el enlace directo a la aplicación Backpack [7] en la página web del Departamento de Cómputo y Telemática. Se considera que esta versión liberada de la aplicación servirá para iniciar con la difusión entre la comunidad universitaria.

3. CONCLUSIONES

El desarrollo de un repositorio web para almacenamiento e intercambio de archivos en la Universidad de Quintana Roo, tomó como punto de partida la necesidad que tiene la comunidad universitaria de intercambiar sus recursos digitales a través de la intranet institucional, sin requerir un registro previo, ya que los usuarios deberán utilizar su cuenta de correo electrónico. Este sistema forma parte del conjunto de aplicaciones que el Departamento de Desarrollo Web pone a disposición de la comunidad universitaria, lo que sirve de impulso para continuar su mejora y brindar las condiciones de infraestructura óptimas en su funcionamiento. Actualmente la cuota de almacenamiento es de 200MB, sin embargo, el uso constante determinará el incremento en el almacenamiento, así como la mejora en características de seguridad y usabilidad. Para esto es necesario que se difunda su utilización y se realicen sesiones de capacitación a usuarios.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Prytherch, Harrod's Librarian's Glossary and Reference, Aldershot: Gower, 2000.
- [2] Google, «Google Drive,» [En línea]. Available: drive.google.com. [Último acceso: 07 02 2013].
- [3] Dropbox, «Dropbox,» [En línea]. Available: <http://www.dropbox.com>. [Último acceso: 15 02 2013].
- [4] 4shared.com, «4shared,» [En línea]. Available: <https://www.4shared.com/>. [Último acceso: 13 02 2013].
- [5] M. Miller, Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online, USA: Que, 2008.
- [6] Browsershots, «Browsershots,» 2005-2011. [En línea]. Available: <http://browsershots.org/>. [Último acceso: 20 11 2012].
- [7] Departamento de Desarrollo Web / UQROO, «Backpack. Intercambio de archivos en línea.,» 2012. [En línea]. Available: <http://updown.uqroo.mx/>. [Último acceso: 25 02 2013].



SISTEMA DE GESTIÓN DE HONORARIOS

Guillermo Garrido Basurto¹, Benjamín López González², Mauro Sánchez Sánchez³, María del Socorro Moreno Figueroa⁴, Mario Chessel Nuñez Hernández⁵

1, 2, 3, 4 y 5 Instituto Tecnológico de Toluca
2 Unidad Académica Profesional Tianguistenco

1guillermogarrido90@gmail.com, 2 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 3 mss_ms2@hotmail.com 4 s_morenof@hotmail.com 5. nu.hernandezmario@gmail.com

RESUMEN

Las tecnologías de información integradas con un conjunto amplio de elementos son esenciales para cualquier organización, procesos importantes que requieren de rapidez y exactitud tal como lo es el pago de honorarios a profesores en el Instituto Angloamericano de Toluca S.C., pueden ser beneficiados por sistemas de información haciendo uso del hardware en vanguardia; el combinar estos elementos harán un sistema capaz de procesar el pago, obtener estadísticos, y controlar el personal docente del instituto, entre otros beneficios. Es labor del ingeniero en sistemas de proveer una solución óptima en la que el empleado del instituto pueda confiar con su pago de honorarios así como asegurarle a la institución un buen funcionamiento del software en pro a la reducción de tiempo y costo actual.

SGH Angloamericano es un software robusto y funcional desarrollado e implementado bajo una metodología de software conocida como Proceso Unificado Racional (RUP por sus siglas en inglés), apoyándonos de herramientas de modelado y lenguajes de programación avanzados. Con el modulo administrativo de este sistema, se ha reducido el tiempo y costo de procesamiento sobre el cálculo de honorarios en el instituto.

ABSTRACT

Information technology integrated with a comprehensive set of elements are essential for any organization, important processes that require speed and accuracy as is the payment of fees to teachers in the Anglo-American Institute of Toluca SC, can be benefited by information systems making use of cutting edge hardware, the combination of these elements will make a system capable of processing the payment, get statistics, and control of the school teachers, among other benefits. It is the job of a systems engineer to provide an optimal solution in which the employee of the institute can trust with your payment of fees and assure the smooth functioning of the institution towards software to reduce time and actual cost.

SGH Angloamericano is a robust and functional software developed and implemented in a software methodology known as Rational Unified Process (RUP), supporting modeling tools and advanced programming languages. With the administrative module of this system has reduced the time and cost of processing on the calculation of fees in the institute.



1. INTRODUCCIÓN

La gestión del conocimiento es de suma importancia para las organizaciones, por ende, los sistemas de información son esenciales para cualquier organización [1]. A Grupo Educativo Angloamericano le es de suma importancia contar con sistemas de información que ayuden a la gestión de conocimiento de la organización así como a la administración de la misma.

El director del centro educativo angloamericano en Toluca, se percató que existen necesidades a cubrir con sistemas computacionales, para tener una óptima gestión de información en ámbitos académicos y administrativos tal como lo es el pago de nómina y honorarios a los profesores del instituto [2].

Hoy día, el cálculo de horas trabajadas, pago neto, cálculo de impuestos y viáticos es hecho a mano con un formato establecido, y demora de 16 a 24 horas de trabajo continuo para determinar el cálculo, siendo este en repetidas ocasiones un cálculo inexacto donde la recaudación de esta información tuvo un costo alto de salarios pues hay tres personas involucradas en el proceso sin poder realizar otras actividades de trabajo. A pesar de existir herramientas como sistemas de reloj checador, estos no se adecuan a las necesidades del instituto pues necesitan calcular horas trabajadas por idioma y nivel impartido, y no representan ninguna ayuda en relación al cálculo de pago neto, impuestos y viáticos.

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar e implementar el módulo administrativo de un sistema de control integral para profesores que reduzca el costo y tiempo consecuente del cálculo de honorarios, exportando información como: horas trabajadas, pago neto e impuestos correspondientes, para ello nos apoyaremos de los siguientes objetivos específicos:

- Establecer el alcance y delimitaciones del proyecto.
- Identificar casos de uso críticos del sistema.
- Exponer y demostrar una arquitectura candidata.
- Estimar el costo total y cronograma del proyecto.
- Producir estimaciones detalladas para la fase de elaboración.
- Estimar riesgos potenciales.
- Preparar el ambiente de apoyo para el proyecto.
- Estabilizar arquitectura, requisitos y respectivos planes.
- Migrar riesgos, a costo y cronograma predecibles.
- Abordar todos los riesgos de gran importancia arquitectónica.
- Establecer una línea de base arquitectónica.
- Producir un prototipo evolutivo de los componentes de calidad de producción.
- Generar una versión ejecutable útil (alpha, beta).
- Completar el análisis, diseño, desarrollo y pruebas de toda la funcionalidad requerida.
- Desarrollar un producto completo de forma iterativa e incremental que esté listo para su transición a la comunidad de usuarios.
- Validar el nuevo sistema contra las expectativas del usuario
- Capacitar a los usuarios finales y a los usuarios de mantenimiento
- Afinar el producto mediante correcciones de errores, mejoras de rendimiento y facilidad de uso
- Lograr el auto-soporte del usuario.

En base al estudio previo realizado, se propone la siguiente hipótesis: Se automatizará el cálculo de honorarios, reduciendo el tiempo de procesamiento distribuido en 3 días laborales a



30 minutos o menos de procesamiento, si se desarrolla el Sistema de Gestión de Honorarios con ayuda de un Reloj Checador por huella digital; desarrollando y cronometrando distintas alternativas de algoritmos que optimicen el tiempo de cálculo y procesamiento del pago.

2. FUNDAMENTOS

Se dice que la Ingeniería de software, es una disciplina que comprende todos los aspectos de la producción de software desde sus etapas iniciales [3], para garantizar la calidad de este proyecto se recurre a la aplicación de la misma, actualmente, la mayoría de las metodologías de desarrollo de software industrial están basadas en “Grupo de Gestión de Objetos” (OMG por sus siglas en inglés), el lenguaje de modelado unificado (UML por sus siglas en inglés) siendo acompañados de frameworks de procesos como lo es RUP (Proceso Unificado Racional) [4]. Sin embargo hay procesos de peso ligero o bien, metodologías ágiles que pueden ser usadas para superar limitantes de procesos de software tradicional [5] como los que se exponen a continuación:

- Extreme Programming (XP), fue creado para pequeños y medianos proyectos de software donde los requerimientos son imprecisos, cambian rápido o son muy críticos [6].
- Scrum se enfoca en el manejo de valores y prácticas, sin incluir prácticas para partes técnicas (requerimientos, diseño, implementación), se puede usar en conjunto con otra metodología ágil [5].
- Crystal es una familia de metodologías, una de las más documentadas es Crystal Clear (CC por sus siglas en inglés), CC puede ser usada en pequeños proyectos con criticidad media [5].
- Feature Driven Development (FDD) solo cubre las fases de diseño e implementación, es considerada adecuada para grandes proyectos de misión crítica [7].

Las metodologías de software son aplicadas en distintas organizaciones, a diferentes grados, y comúnmente combinadas con prácticas existentes, las organizaciones invierten grandes cantidades de dinero nuevas metodologías de desarrollo, estando interesados en evaluar el resultado del rendimiento de las mismas [8], existe un gran número de organizaciones que han adaptado correctamente distintas metodologías de desarrollo que cumplan con sus necesidades específicas, que van desde desarrollo en cascada hasta metodologías más ágiles, en la figura 2.1 muestra donde puede ser posicionada cada una con respecto a su agilidad y disciplina [9].

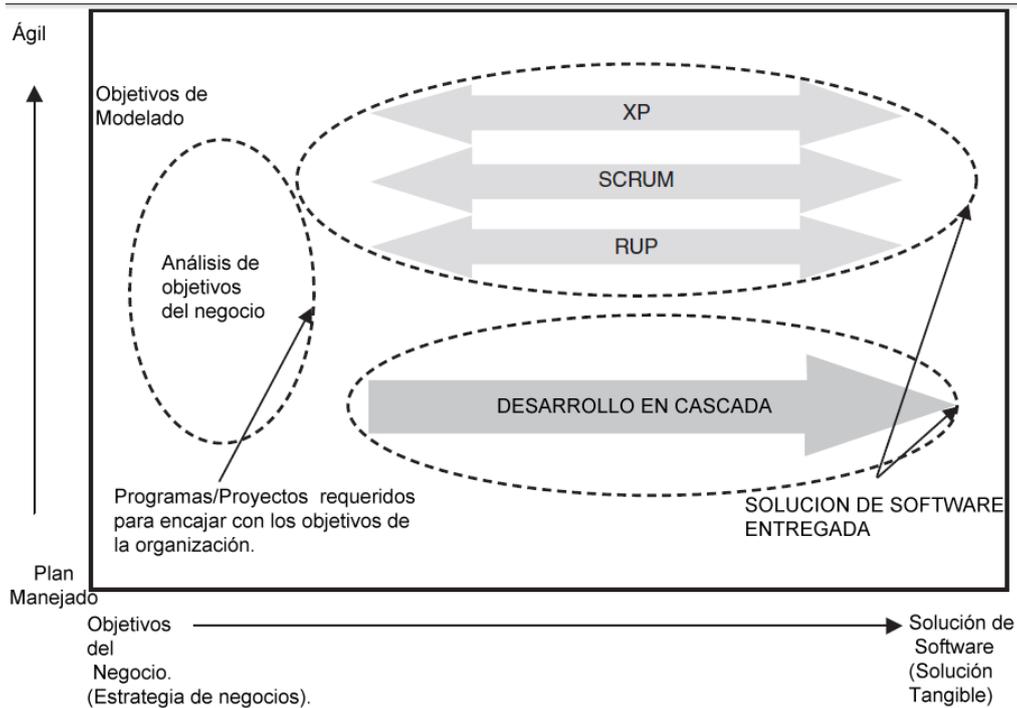


Figura 0.1 - Mapa de metodologías [9].

2.1. Proceso Unificado Racional

Se ha elegido trabajar con una metodología iterativa y creciente o bien incremental en el desarrollo de este proyecto, el *Proceso Unificado Racional* (RUP por sus siglas en inglés) es un marco de procesos para desarrollo de software iterativo-incremental exitoso [9]. Según Philippe Kruchten, RUP es un enfoque disciplinado para la asignación y gestión de tareas, desarrollado y comercializado inicialmente por *Rational Software*, y ahora por *IBM*. Toma las mejores prácticas de desarrollo de software para ser adaptadas en una amplia gama de proyectos y organizaciones, tiene como objetivo asegurar la producción de software de alta calidad, que cumpla con las necesidades de sus en un tiempo y presupuesto predecible [10].

RUP se enfoca en seis principios primordiales no secuenciales (ABCDEF por sus iniciales en inglés) [9].

- Adaptar el proceso
- Equilibrar prioridades de los interesados
- Colaborar entre equipos
- Demostrar el valor de forma iterativa
- Elevar el nivel de abstracción
- Enfoque continuo en la calidad

2.2. Fases del RUP

Un ciclo de desarrollo RUP recorre cuatro fases: Fase Inicial, Elaboración, Construcción y Transición. Este ciclo termina con la liberación de un producto de software completo. Estas fases no son un simple renombramiento de las fases ejecutadas en el modelo cascada, RUP es fundamentalmente iterativo y manejador de riesgos, el propósito de estas fases, es hacer lo suficiente de cualquier actividad requerida para cumplir con los objetivos de esa fase, al cumplir



con un hito esta es concluida (ver figura 2.2); cada fase está impulsada principalmente por los riesgos [11].

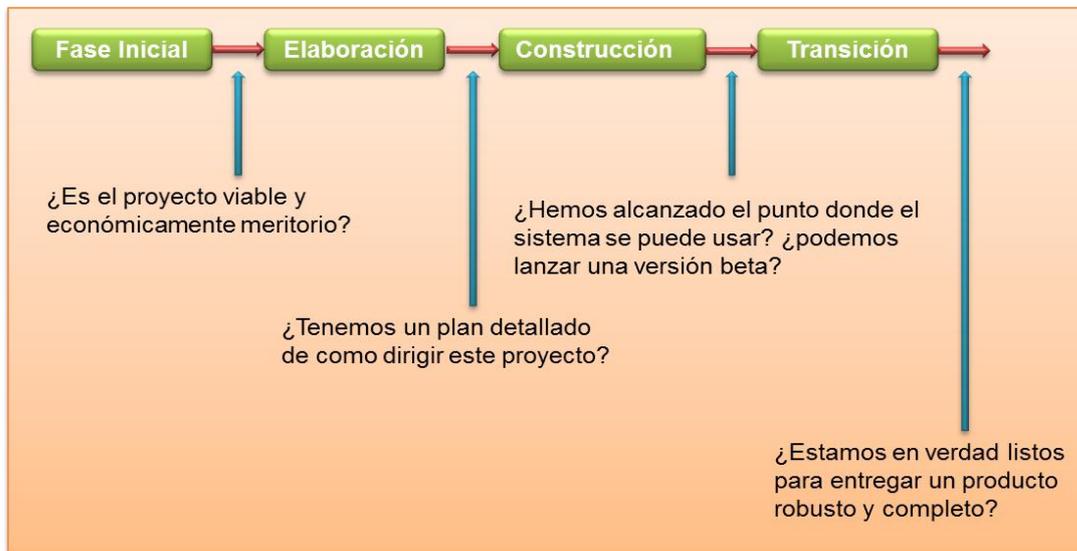


Figura 0.2 - Principales Hitos [11].

3. Método

En el desarrollo de este software, siguiendo la metodología del proceso unificado racional, se tiene como primer paso realizar la planificación del proyecto, definir el tiempo que se le dedicara a cada fase del proceso considerando las iteraciones pronosticadas, a continuación se muestra el cronograma de desarrollo del sistema siguiendo el estándar de planificación RUP.

3.1. Planificación RUP

Tabla 0.1 – Cronograma, planificación RUP.

Fase	Duración de la Iteración	Inicio	Fin
Incepción 1	2 semanas	Julio 11	Julio 24
Elaboración 1	4 semanas	Julio 25	Agosto 21
Elaboración 2	4 semanas	Agosto 22	Septiembre 18
Construcción 1	3 semanas	Septiembre 19	Octubre 9
Construcción 2	3 semanas	Octubre 10	Octubre 30
Construcción 3	3 semanas	Octubre 31	Noviembre 20
Transición 1	2 semanas	Noviembre 21	Diciembre 4

Una vez definida la planificación en base a la metodología se podrá desarrollar cada fase, como primera fase tenemos incepción o fase inicial, como se mencionó anteriormente, en esta fase se define el alcance del sistema y sus delimitaciones, este proceso se realizó mediante un documento de especificación.



3.2. Incepción.

Una vez reunidos todos los requerimientos y que se conoce a las personas que estarán interactuando con el sistema será posible diseñar y modelar un diagrama de casos de uso que represente los actores del sistema y los procesos fundamentales del mismo, dicho diagrama es mostrado en la figura 3.1.

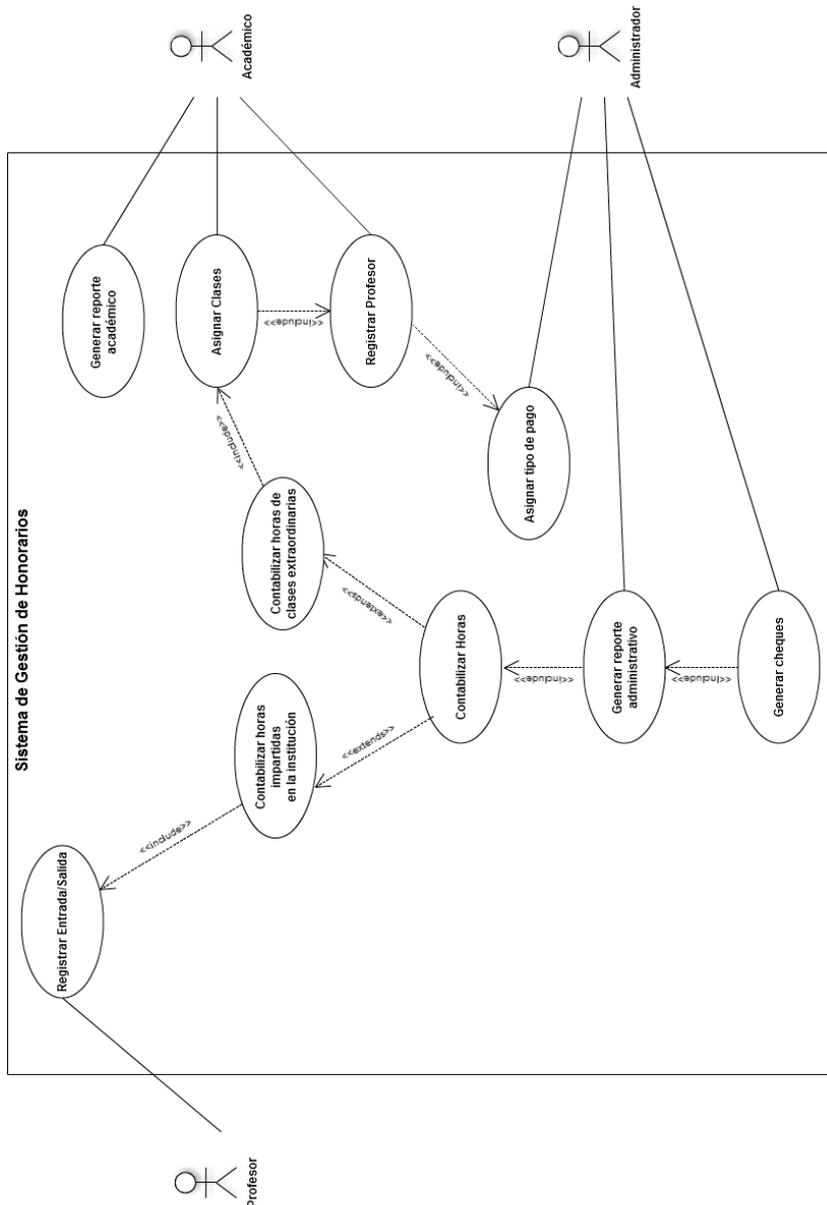


Diagrama 0.1 – Casos de Uso

3.3. Elaboración, primera iteración.

Durante la fase de elaboración es de vital importancia definir la arquitectura del proyecto para lo cual este trabajo se apoya en el modelado UML para definir las características y funcionamiento del Software, en el módulo administrativo se desarrollan los siguientes casos de uso:



- Registrar entrada y salida
- Asignar tipo de pago a los profesores
- Contabilizar horas impartidas en la institución
- Contabilizar horas de clases extraordinarias y empresariales
- Contabilizar total de horas trabajadas.
- Generar reportes administrativos.
- Generar cheques de pago.

Un caso de uso primordial para el desarrollo del módulo administrativo de SGH Angloamericano es el *Cálculo de horas*, a pesar de que el proceso para el *cálculo de horas impartidas en el instituto* sea distinto al *cálculo de horas extraordinarias y empresariales* no requiere de profundización en el modelado en una primera iteración de la fase de elaboración, será de utilidad para la arquitectura y modelado del sistema generar un diagrama de actividades que englobe estos dos casos de uso y representar así el caso de uso *Cálculo de horas* por ello se ha elaborado un diagrama de actividades (ver figura 3.2), representando este proceso dentro del sistema.

SGH Diagrama de Actividades Calculo de Horas

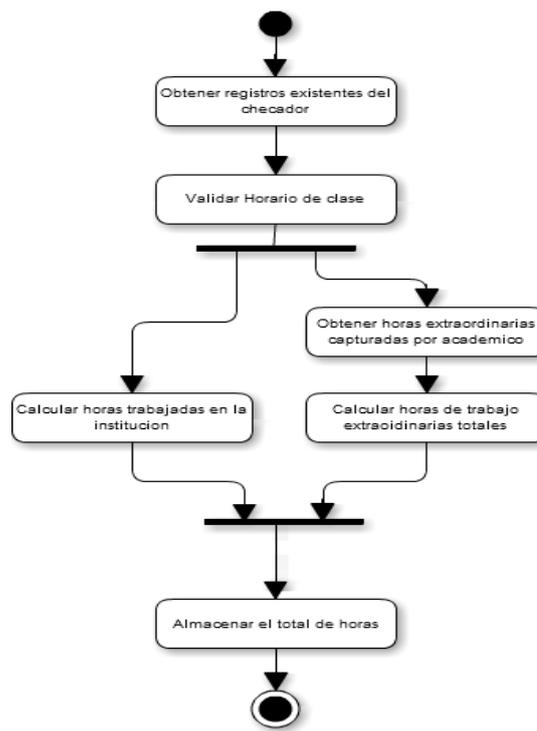


Diagrama 0.2 - Diagrama de actividades, entrada y salida

Así mismo, se detallan en diagramas de secuencias los casos de uso antes representados en diagramas de actividades como se presenta en el diagrama 3.3:



SGH Angloamericano - Diagrama de secuencias - Obtención de pago

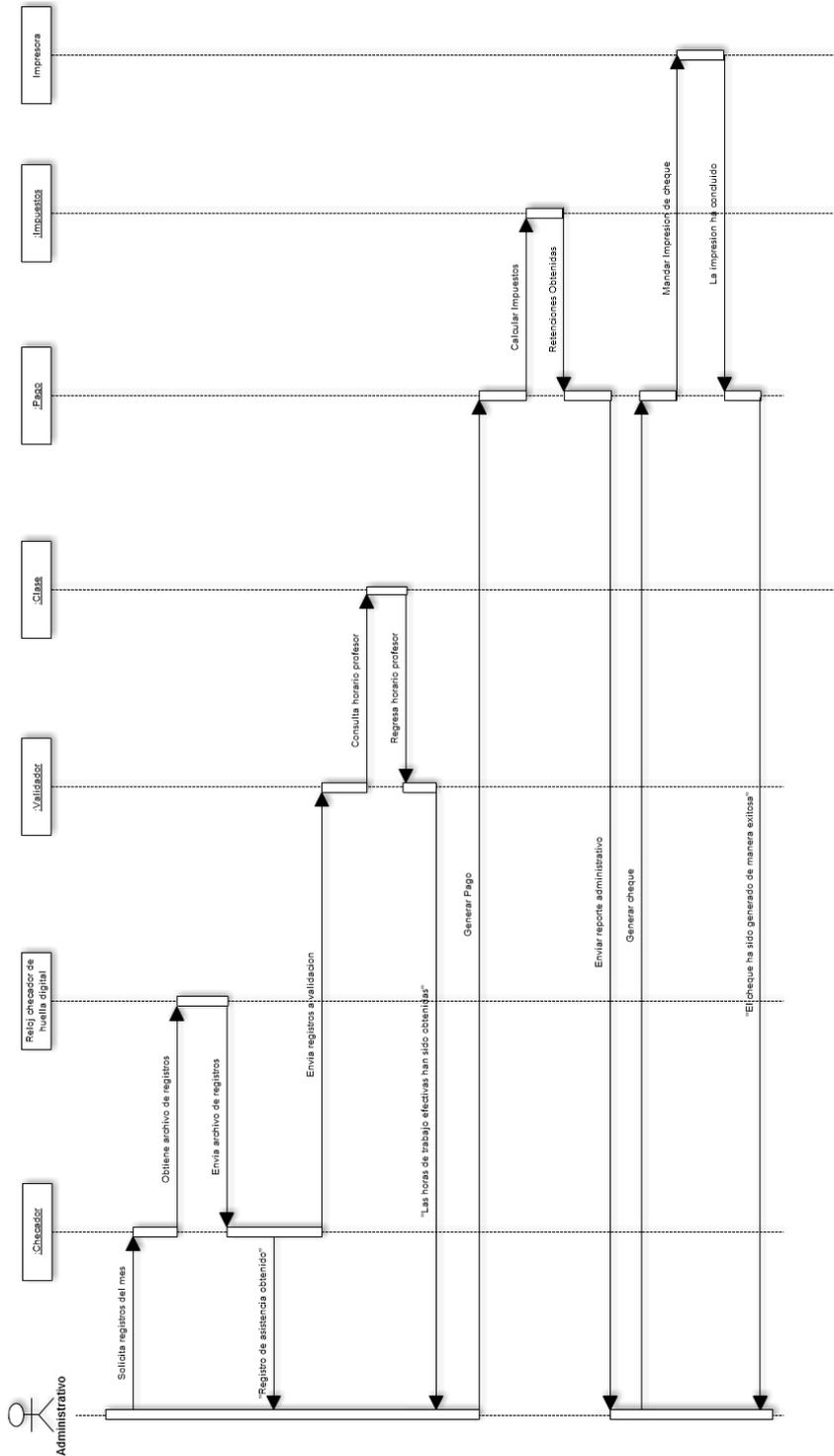


Diagrama 0.3 – Diagrama de secuencias calcular pago.

3.4. Construcción

Para almacenar esta información se ha implementado la base de datos del sistema bajo la plataforma MySQL, el diagrama 3.4 es un diagrama de entidad relación que muestra la estructura final de la base de datos para esta versión beta del software, este diagrama es



obtenido mediante ingeniería inversa a partir de la base de datos existente diseñada sobre MySQL.

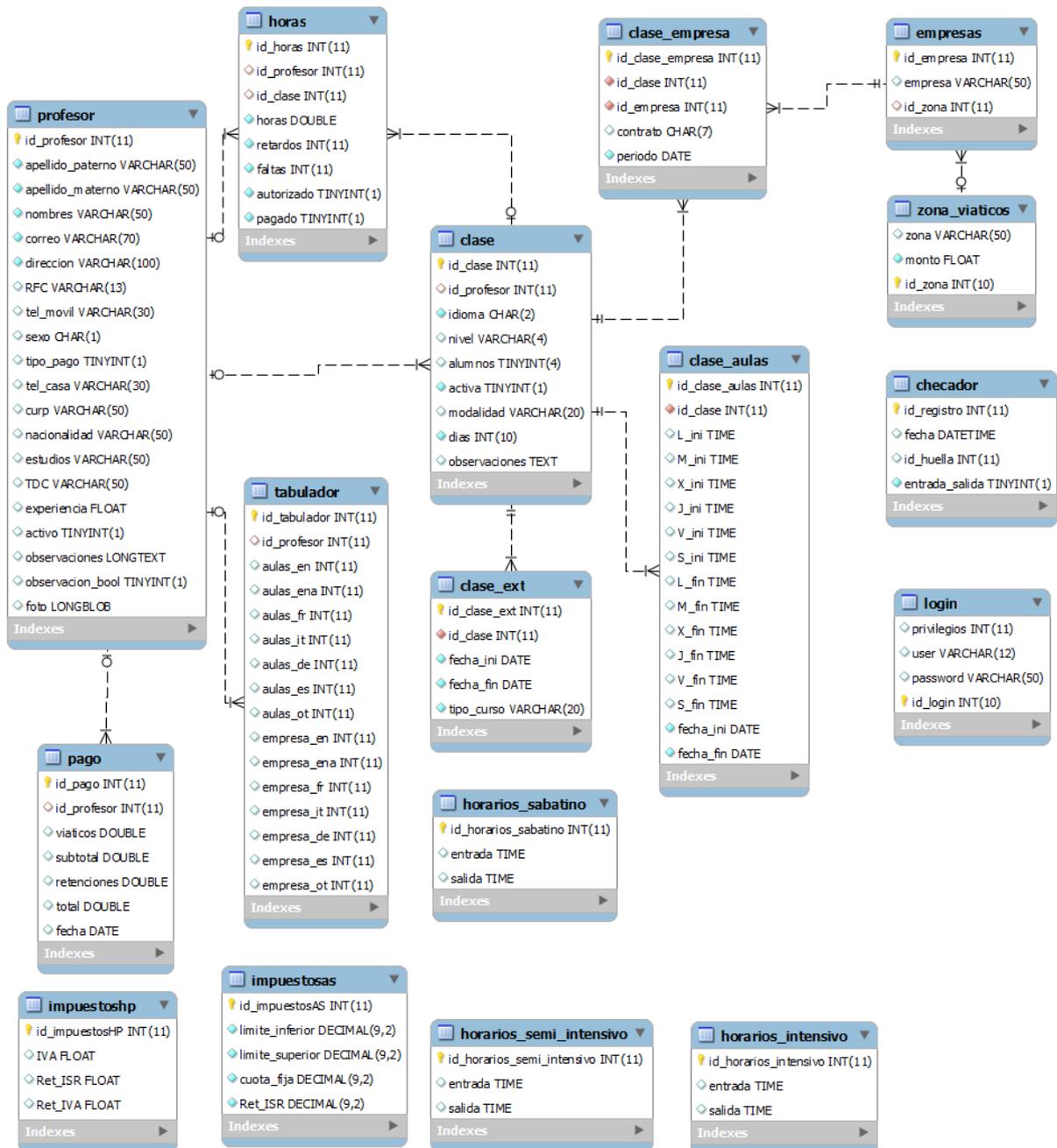


Diagrama 0.4 – Diagrama entidad relación SGH

Dentro del desarrollo del módulo administrativo en esta fase de construcción el proceso más complejo de operación es el cierre de un curso, donde se contabilizan las horas trabajadas, retardos y faltas y se almacenan en la base de datos; durante las tres etapas de construcción se han elaborado tres distintas soluciones al problema para elegir la solución que resuelva el problema más rápidamente con eficacia. Realizando un proceso de ingeniería inversa, a partir

del código implementado podemos obtener el diagrama de secuencias de la última versión del algoritmo (ver figura 3.5).

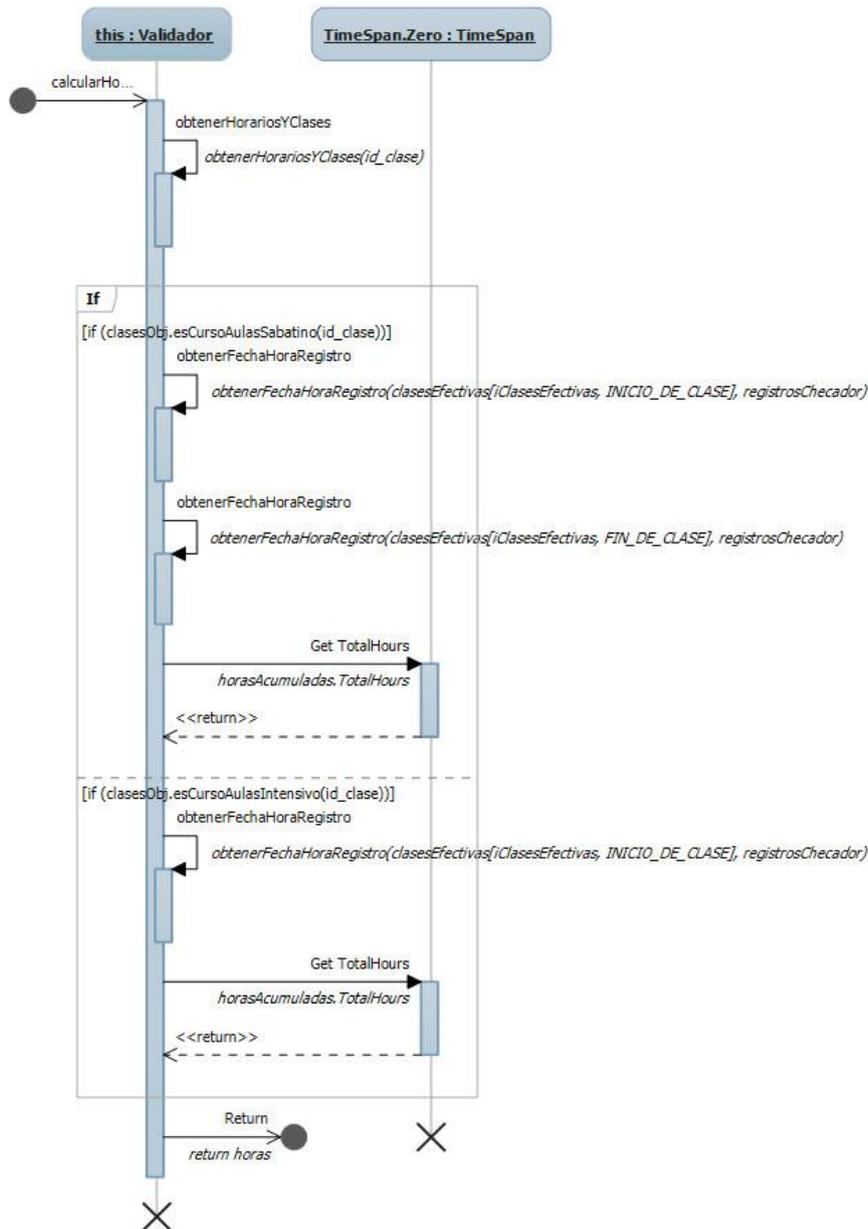


Diagrama 3.5 – Calculo de horas v3, extracto del algoritmo “Calculo de horas, evaluación de horarios y registros de entrada”.

4. RESULTADOS

Tal como se propuso en la hipótesis de este trabajo, se han desarrollado distintos algoritmos para el proceso del cálculo de pago exitosamente ejecutados, tras cada versión desarrollada durante las etapas de construcción se reducía el tiempo de procesamiento, el algoritmo más eficaz resulto ser el algoritmo “Calculo de horas, evaluación de horarios y registros de entrada”.



En cada cierre de cursos, fue medido el tiempo ocupado para el cálculo de pago a profesores del instituto (ver anexo 4); los algoritmos por *manejo de incidencias* y *evaluación de horarios y registros de entrada*, son comparados junto con el tiempo promedio del procesamiento manual, ver tabla 4.1 y figura 4.1.

Tabla 0.2 Tiempo promedio de ejecución para el cálculo de pago de honorarios.

	Procedimiento Manual	Algoritmo "Manejo de Incidencias"	V2. Algoritmo de "evaluación de horarios y registros de entrada"
Usuario Académico	5 hrs.	8.24 min	3.75 min
Usuario Administrativo	10 hrs.	9 min (con reportes)	9.20 min (con reportes)
Usuario Directivo	3 hrs.	11 min	3.50 min
	1080 minutos	28.24 min	16.45 min



5. Figura 0.3 Análisis de tiempo de procesamiento en el pago.

6. CONCLUSIONES

En la elaboración de este trabajo se ha desarrollado el modulo administrativo de un sistema de control integral para profesores del Instituto Angloamericano de Toluca S.C., siendo este, un producto de software robusto y funcional. SGH fue desarrollado e implementado de forma ágil en un tiempo mínimo gracias a la metodología de software seguida, herramientas de modelado y lenguajes de programación avanzados; siguiendo una serie de pasos como delimitar el proyecto, identificar los casos de uso críticos del sistema, estimar riesgos potenciales, estabilizar la arquitectura, produciendo prototipos del sistema, capacitando a la comunidad de usuarios entre otras actividades.

Con el resultado de este producto se ha reducido el tiempo de procesamiento sobre el cálculo de honorarios. Se ha medido el tiempo que toma la comunidad de usuarios en realizar el cálculo de honorarios antes hecho a mano, ahora con SGH, el coordinador académico tarda de 2 a 6 minutos en finalizar todos los cursos de un periodo, el director de la institución toma un máximo de 6 minutos en autorizar los pagos en caso de múltiples incidencias en el periodo, y por último el coordinador administrativo toma de 5 a 10 minutos en generar el cálculo de pago y 4 minutos en obtener los reportes necesarios; siendo un máximo total de 26 minutos cumpliendo con las expectativas del software.



7. FUENTES CONSULTADAS

- [1] Carmen Pablos Heredero, José Joaquín López-Hermoso Agius, Santiago Martin-Romo Romero, Sonia Medina Salgado, Antonio Montero Navarro, Juan José Nájera Sánchez, 2006, "Dirección y gestión de los sistemas de información en la empresa: una visión integradora", ESIC Editorial.
- [2] Federico Garrido Guzmán, Director Regional en Angloamericano. Entrevista realizada el 14 de Septiembre del 2010 en Toluca, México.
- [3] Ian Sommerville, 2005, "Ingeniería del software", Pearson Educación
- [4] Paolo Giorgini, Jörg P. Müller, James J. Odell, 2004 "Agent-oriented software engineering IV", Springer.
- [5] Sergio F. Ochoa, Gruia-Catalin Roman, International Federation for Information Processing, 2006, "Advanced software engineering: expanding the frontiers of software technology", Springer.
- [6] K. Beck, 2000, "Extreme Programming Explained", Addison-Wesley
- [7] S. Palmer, M. Felsing, 2002, "A practical guide to Feature-Driven Development", Prentice Hall.
- [8] Hamido Fujita, Imran Zualkernan, 2008, "New trends in software methodologies, tools and techniques", IOS Press.
- [9] Ahmad K. Shuja, 2008, "IBM Rational Unified Process Reference and Certification Guide: Solution Designer (RUP)", Pearson.
- [10] Philippe Kruchten, 2004, "The rational unified process: an introduction", Addison-Wesley Professional.
- [11] Per Kroll, Philippe Kruchten, 2003 "The rational unified process made easy: a practitioner's guide to the RUP", Addison-Wesley Professional



SISTEMA DE GESTION DE TICKETS DE SOPORTE DEL HRAE CIUDAD SALUD

Enrique Villafaña Gómez ,Vanessa Benavides Garcia, Jehiely Belem Hernández Castillo,
Karina Cancino Villatoro.

Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud, Hospital Regional de Alta Especialidad
Ciudad Salud, Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud
villafanaenrique@gmail.com, vanessa.benavides@uptapachula.edu.mx,
hjehielybelem@gmail.com, karina.cancino@uptapachula.edu.mx

RESUMEN

En el tiempo que tiene operando el Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud (HRAECS), proporcionando servicios de salud. Este último tiene como demanda principal ofrecer los servicios de forma oportuna. Sin embargo para que esto último se logre, todos los sistemas y equipos que operan conjuntamente dentro de la institución deben permanecer en condiciones óptimas para cumplir con las necesidades del personal que le opera. La falta de reportes oportunos de soporte técnico y la atención de todas estas últimas peticiones hacen que se genere una problemática al querer solventar estas necesidades.

Un sistema en línea de reportes, que brinde soporte mediante tickets para resolver las demandas de los usuarios es una de las soluciones propuestas con mayor demanda, sin mencionar la base de conocimientos almacenados que puede generar un proyecto de esta magnitud.

El Sistema de Gestión de Tickets de Soporte genera su principal impacto en las áreas mas criticas del HRAECS ayudando a documentar peticiones de Soporte Técnico.

Garantiza no olvidar aquellos reportes no críticos, pero que no dejan de ser importantes para la infraestructura del HRAECS, y refuerza la atención general a todos los usuarios y equipos de computo dentro de la institución.

De esta forma se ayudara a mejorar la eficiencia del Departamento de TI, mide la productividad del mismo y actualmente genera una base de conocimientos disponible en cualquier momento para resolver futuros problemas.

ABSTRACT

In the time it has operated the Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud (HRAECS), providing health services. The latter is the main demand services provide timely. However for this to be achieved, all systems and equipment that operate together within the institution must remain in optimal conditions to meet the needs of staff who operates. The lack of timely reports support and care of all these latest requests made to generate a problem when wanting to meet these needs.

The management system of tickets de soporte generates a major impact on the most critical areas of helping to document requests HRAECS Technical Support



1. INTRODUCCION

Las tecnologías de la información aplicadas al área médica han dado una mayor versatilidad a la manera de realizar las actividades en cada área y han permitido nuevas áreas de oportunidad para los computólogos y tecnólogos, quienes se encuentran en constante preparación para enfrentar los cambios que suceden a diario en su rama.

Este trabajo presenta un área de oportunidad en el Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud que fue aprovechada por el Departamento de Tecnologías de la información y que favoreció principalmente a toda la infraestructura crítica que integra al HRAECS.

En virtud que el hospital es de tercer nivel, se encarga de brindar atención médica a usuarios que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas, además de encontrarse en proceso de acreditación y certificación de la calidad en cada uno de los procesos, es de vital importancia contar con el soporte técnico adecuado por parte del departamento de tecnologías de la información para cada uno de los jefes de servicio del hospital, es por ello que este desarrollo tecnológico a favorecido en dichos procesos.

Actualmente todas las tecnologías de información que se emplean dentro del HRAECS lo hacen por un periodo prolongado de trabajo, el cual tiene como consecuencia el deterioramiento y fallas no esperadas. El reporte oportuno de fallas en los sistemas de información permite mantener el soporte y corrección de estos en el menor tiempo posible.

Hoy en día somos tan dependientes de todos estos sistemas de información, que tenemos la necesidad de brindarles un servicio de soporte y atención oportuna a todos ellos, sin olvidar la diferencia que hay de prioridades entre cada uno.

El departamento de tecnologías de información debe de canalizar todas las solicitudes y peticiones de soporte o alertas que se presenten con los equipos y sistemas, para posteriormente acudir a dicha solicitud y corregir los problemas que estos estén presentando.

En este entorno, la implementación de un Sistema de Gestion de Tickets de Soporte, es de mucha utilidad pues su objetivo es constituirse como el punto único de contacto para los usuarios que utilizan las ya mencionadas tecnologías. Además de facilitar la restauración normal del servicio con el mínimo impacto de tiempo, respetando los niveles de servicio previamente acordados en cuanto a calidad, lineamientos y las prioridades del departamento de TI establecidas.

Cuando un usuario reporta un incidente, desea ser atendido rápidamente. No hay nada más frustrante que llamar a un departamento de TI y ser transferidos a diferentes lugares hasta encontrar a la persona indicada. La implantación de un punto único de contacto elimina desde la raíz esta clase de problemas que comúnmente se presentan en las instituciones grandes. De esta forma la solicitud será enviada a la persona que debe resolver el problema.

Para el departamento de TI. del HRAECS, un rol primario del Servicio de Soporte, es el registro y la administración de todos los incidentes que afectan a los sistemas o equipos y a sus usuarios. Esto también implica mantener a los usuarios informados acerca de situaciones que puedan afectar su capacidad para realizar sus actividades cotidianas y del estatus actual de sus equipos.



2. TEORIA

2.1 ¿Qué es un Sistema de Información?

Según Laudon & Laudon:

“Un sistema de información se puede definir desde un punto de vista técnico como un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones y el control de la organización. También pueden ayudar a los gerentes y trabajadores a analizar problemas, visualizar asuntos complejos y crear nuevos productos”.

Basado en lo anterior podemos formularnos la siguiente pregunta:

¿Cuál es el momento justo para implementar un Sistema de Gestión de Tickets de Soporte?

En primera instancia, la respuesta es que AHORA es el mejor momento para implementar un Sistema de soporte mediante tickets, debido a que sirve a las instituciones como mecanismo de defensa para los equipos y ayuda a mejorar el rendimiento del departamento de TI. De igual forma generara una base de conocimientos. Es probable que hoy aún no se visualice la necesidad de introducir un sistema de información de esta magnitud. No obstante, existen algunos factores que hacen evidente la necesidad de implementar un sistema de soporte mediante tickets, algunos de ellos son:

- El departamento de TI o área de soporte trabaja de forma reactiva y dedican una gran cantidad de tiempo a “Resolver problemas”, sin mencionar el desarrollo de otras soluciones que les sean solicitadas como sistemas alternos o automatización de procesos, lo cual dificulta atender todas la peticiones de soporte y registrarlas.
- Problemas idénticos que se resuelven repetidamente, en lugar de buscar eliminarlos, del 100%, el 80% son problemas concurrentes de fácil solución que no ameritan la asistencia directa del departamento de TI. Si no de una sola instrucción la cual ya estará documentada en la base de conocimientos y ayudara al usuario a resolver su problema.
- Calidad inconsistente tanto en atención a las llamadas de los usuarios como en tiempos de respuesta.
- Falta de métricas de servicio y cargas excesivas de trabajo que ocasionan descuido de otras actividades prioritarias.

También es importante asegurar que la mezcla de tecnología, procesos y personal del Sistema de Gestión de Tickets de Soporte, satisfaga las necesidades de los usuarios y sus equipos o sistemas que estos manipulen. Tome en cuenta que las inversiones en tecnología implican una decisión de largo plazo, por lo que entender lo que realmente necesita el departamento de TI. para mejorar sus servicios es importante ya que ayudara resolver muchos problemas y mejor aún a documentarlos generando conocimiento y brindando un servicio de soporte técnico más efectivo.



3. DESARROLLO

La metodología a utilizar es de programación orientada a objetos.

El modelo tiene como metodología de desarrollo de software, el Proceso Unificado de Rational (RUP) con su mejora actual de PROCESO UNIFICADO AGIL (AUP).

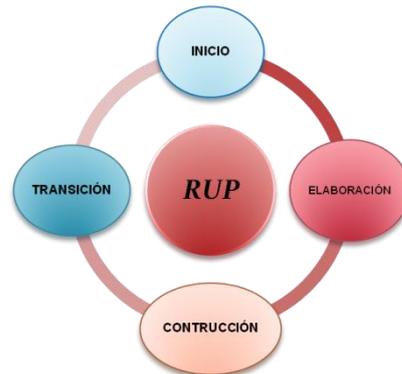
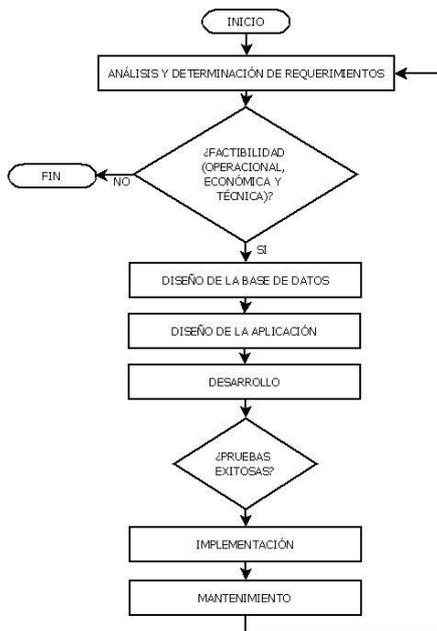


Fig2. Modelo de la metodología RUP.

Fig1. Diagrama de flujo metodología RUP.

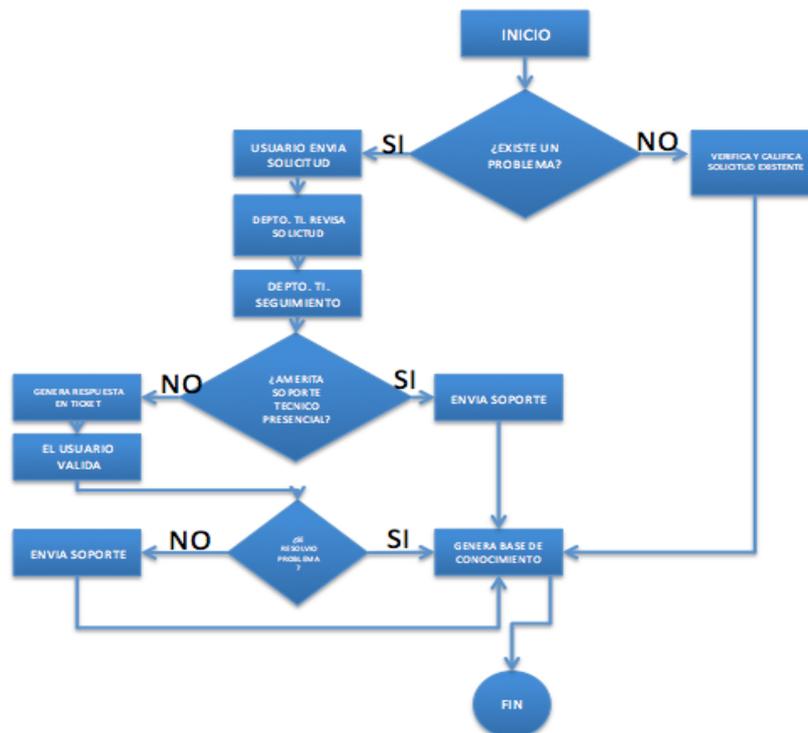


Fig3. Diagrama de flujo de datos del sistema de gestión de Tickes de soporte



ID Caso Uso:	2
Nombre Caso Uso:	Seguimiento de solicitud de Soporte Técnico
Creador:	ISC. Enrique Villafaña Gómez
Fecha Creación:	11/ENERO/2012
Actores:	Staff del área de TI. del hospital HRAE CIUDAD SALUD
Descripción:	Verifica la solicitudes enviadas por los usuarios.
Generador:	El usuario que solicita la asistencia técnica personalizada.
Precondiciones:	1.- La identidad del staff ha sido autenticado. 2.- Que exista una solicitud registrada en el sistema.
Post condiciones:	1.- Seguimiento de la solicitud y brinda soporte.
Flujo Normal:	1.- El staff verifica y valida la solicitud. 2.- Se genera una respuesta o solución propuesta a la solicitud. 3.- El sistema procesa los datos. 4.- Se verifica la respuesta del usuario. 5.- El sistema almacena los datos en la base de conocimientos. 6.- Se cierra la solicitud activa y se da por terminado el soporte.
Flujo Alternativo:	Condición 1: No se escribió un mensaje de respuesta por el staff. 1. Se genera una alerta en donde se informa que el la solicitud aun esta activa y sin respuesta. Condición 2: No se capturan todos los datos. 1. Se genera una alerta en donde se informa que faltan datos por capturar indicando el nombre de los campos.
Excepciones:	1. Fallo en la conexión de la red.

Tabla1. Especificación de caso de uso: seguimiento de solicitud

3.1 Desarrollo de los módulos del cliente:

El Sistema de Gestión de tickets de soporte del HRAECS, contiene en su núcleo principal ligado a su base de datos pequeños módulos con características exclusivas que le brinden al usuario final la capacidad de administrar y controlar todo el sistema.

El administrador del sistema tendrá acceso a todos los módulos que se presentan a continuación:



Fig4. Módulos del sistema de tickets.



3.2 Descripción de los módulos del sistema



Inicio: Es el modulo mas basico del sistema de tickets de soporte del HRAE Ciudad Salud, dentro de este modulo se integran todas aquellas peticiones que sean realizadas por los usuarios que requieren ser atendidos. Dentro de este apartado se mostraran 10 solicitudes por página dando como orden la prioridad que el usuario establecio al reporte.



Usuarios: Es el modulo disponible para agregar todos aquellos usuarios que son parte del Departamento de TI. Estos usuarios tendrán privilegios especificos dependiendo las características que el administrador del Sistema de Tickets establezca.



Categorías: El modulo de categorías mantendrá ordenadamente las categorías exclusivas para determinadas alertas, informara sobre cuantos casos hay sobre cada categoría, indicara mediante un grafico la productividad y dará opciones exclusivas a los usuarios con perfil de administrador para hacer modificaciones en la sección.



Respuestas: El modulo de respuestas esta orientado a todas aquellas respuestas realizadas por el Departamento de TI, que son consideradas como repetitivas o constantes. Este modulo que contiene respuestas almacenadas permitirá al Staff ahorrar tiempo de escritura sobre posibles instrucciones básicas y especificas en determinados casos.



Base de conocimientos: El modulo tiene como función principal agregar artículos realizados por el Departamento de TI. Que permitan al usuario que va a enviar un ticket, buscar una respuesta a un caso o problema antes de solicitar ayuda mediante el sistema.

Si no existiera una respuesta para el caso especifico por el usuario, este tendrá disponible la opción de enviar un ticket de soporte al Departamento de TI.



Reportes: El modulo de reportes que estará disponible solo para los Administradores del Sistema de soporte mediante tickets del HRAE Ciudad Salud.

Tiene como función principal generar estadísticas y reportes sobre casos específicos dentro del sistema.



Configuración: El modulo de configuración del Sistema de Soporte mediante Tickets del HRAE Ciudad Salud permitirá realizar cambios al sistema y especificar las bases de datos que se requieren utilizar. Este apartado es el núcleo o corazón del sistema.



Perfiles: El modulo tiene como objetivo poder controlar preferencias de los usuarios.



Mail: El modulo de mensajes tiene la funcionalidad de enviar mensajes a los usuarios que están dados de alta en el sistema, sin que estos tengan que generar tickets internos entre ellos para discutir algún tema especifico. Aunque no es un sistema de correo electrónico como tal, funciona como un sistema local que permitirá enviarse mensajes privados entre los usuarios que conforman el staff a cargo de responder los tickets.



No hay características especiales en este modulo, fue diseñado con la finalidad de comunicación remota entre los usuarios ya que el sistema esta pensado para utilizarse en forma local y online.



Salida: El modulo de salida proporciona la salida correcta del sistema utilizando el cierre de sesiones activas de forma segura.

3.3 Estructura inicial de la base de datos propuesta para el sistema

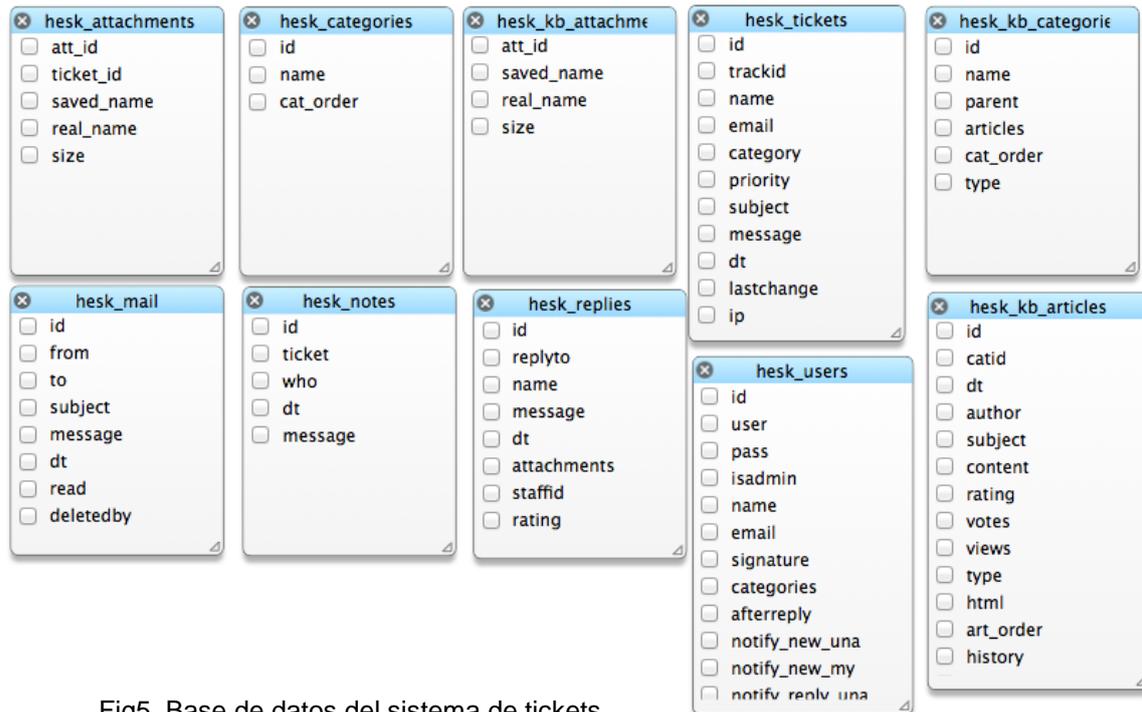


Fig5. Base de datos del sistema de tickets.

La base de datos del sistema de Gestión de Tickets de Soporte esta integrada originalmente por diferentes tablas, las cuales tienen funciones y procedimientos únicos almacenados para el manejo de los datos.

- Prefijo_tabla_attachments → Archivos adjuntos.
- Prefijo_tabla_categories → Categorías del catalogo del sistema.
- Prefijo_tabla_kb_articles → Artículos publicados y almacenados.
- Prefijo_tabla_kb_attachments → Control de archivos adjuntos en modulo email.
- Prefijo_tabla_kb_categories → Control de archivos adjuntos en categorías.
- Prefijo_tabla_mail → Email.
- Prefijo_tabla_notes → Notas del sistema.
- Prefijot_tabla_replies → Respuestas almacenadas.
- Prefijo_tabla_std_replies → Respuestas canalizadas para otros usuarios.
- Prefijo_tabla_tickets → Solicitudes.
- Prefijo_tabla_users → Usuarios.



3.4 Código generado con lenguaje PHP, MYSQL.

Nota: El código completo de todas las plantillas generadas para el sistema no se encuentra disponible completo por tamaño del mismo, se incluyen más de 1000 páginas de código generado y validado con funciones almacenadas a la base de datos para que el sistema funcione correctamente.

```
<?php
/*
* HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD CIUDAD SALUD
* SISTEMA DE GESTION DE TICKETS DE SOPORTE DEL HRAECS
/*****
* Titulo: HELPDESK SOFTWARE
* Version: 1.0 Diciembre de 2012
* Enrique Villafaña Gómez ,Vanessa Benavides Garcia,
* Jehiely Belem Hernández Castillo, Karina Cancino Villatoro
*****
* COPYRIGHT AND TRADEMARK NOTICE
* Basado en código GNU - GPL Considerado como libre y puede ser modificado
* y distribuido bajo esta licencia, toda modificación no es responsabilidad única
* del autor si no del usuario final.
* http://www.gnu.org/licenses/gpl.html
*****
define('IN_SCRIPT',1);
define('HELPDESK_PATH','./');
define('HELPDESK_NO_ROBOTS',1);

/* Archivos necesarios y funciones para configuración del sistema */
require(HELPDESK_PATH . 'HELPDESK_settings.inc.php');
require(HELPDESK_PATH . 'inc/common.inc.php');
require(HELPDESK_PATH . 'inc/database.inc.php');

HELPDESK_session_start();

if (isset($_GET['track']))
{
    $trackingID = strtoupper(HELPDESK_input($_GET['track']));
    if (empty($trackingID))
    {
        print_form();
    }
}
else
{
    print_form();
}

/* Carga del Header del sistema */
require_once(HELPDESK_PATH . 'inc/header.inc.php');
```



/* Conexión a la base de datos */

```
HELPDESK_dbConnect();
```

/* Información de las solicitudes */

```
$sql = "SELECT `t1`.*, `t2`.name AS `repliername`
```

```
FROM `".HELPDESK_dbEscape($HELPDESK_settings['db_pfix'])."tickets` AS `t1` LEFT JOIN  
`".HELPDESK_dbEscape($HELPDESK_settings['db_pfix'])."users` AS `t2` ON `t1`.`replierid` =  
`t2`.`id`
```

```
WHERE `trackid`="`.HELPDESK_dbEscape($trackingID)."` LIMIT 1";
```

```
$result = HELPDESK_dbQuery($sql);
```

```
if (HELPDESK_dbNumRows($result) != 1)
```

```
{
```

```
    HELPDESK_error($HELPDESKlang['ticket_not_found']);
```

4. RESULTADOS

El resultado obtenido al desarrollo del sistema de gestión de tickets de soporte del HRAECS, es el sistema funcional implementado en la institución.



Fig6. Pantalla principal del sistema de tickets



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



[Inicio](#)
[Usuarios](#)
[Categorías](#)
[Respuestas](#)
[DB de C](#)
[Reportes](#)
[Configuración](#)
[Perfiles](#)
[Mail \(0\)](#)
[Salir](#)

Tickets Abiertos [+ Nuevo ticket](#)

Number of tickets: 6 | Number of pages: 1

<input type="checkbox"/>	Tracking ID	Ultima actualizacion	Nombre	Asunto	Status	Ultima respuesta	
<input type="checkbox"/>	YAMESQ8VRD	2012-05-22 09:37:25	Rene M. Rueda Justiniani	Activacion de internet	Nuevo	Rene M. Rueda Justiniani	
<input type="checkbox"/>	ZN2P2H3JUQ	2012-06-13 14:25:40	dr. Fabiola GARCIA Beltran	Solicitud de internet	Nuevo	dr. Fabiola GARCIA Beltran	
<input type="checkbox"/>	3A14LN7991	2012-07-19 11:42:49	Dr. Erick Roselino (calidad)	Instalar impresora	Nuevo	Dr. Erick Roselino (calidad)	
<input type="checkbox"/>	89YHJVMPNQ	2012-07-23 12:09:36	Dr. Carlos Antonio Maza Velasc	Solicito nuevo teclado	Nuevo	Dr. Carlos Antonio Maza Velasc	
<input type="checkbox"/>	TYTDHSZXDW	2012-07-30 10:42:20	ing. Marisol Rodriguez	Acceso a quirurgica	Nuevo	ing. Marisol Rodriguez	
<input type="checkbox"/>	TY4S11EGWN	2012-08-14 11:09:23	fdfsdfsdf	* perez	Sin respuesta	fdfsdfsdf	

* Asignado a mi
 * Asignado a otro miembro del staff

Fig7. Solicitudes enviadas con éxito para ser solucionadas

ID	Nombre de la categoría	Tickets	Grafico	Opciones
2	Cambio de toner K920	28		
3	Cambio de toner Kmita3130	4		
4	Cambio tinta HP Negro 96	8		
5	Cambio tinta HP Color 97	3		
6	Modificaciones cobros (Intituciones)	6		
7	Soporte a sistema quirurgica	5		
8	Soporte a sistema estadistica	5		
9	Soporte a sistema ambulatoria	3		
10	Soporte a sistema de trabajo social	2		
11	Soporte a sistema laboratorio	1		
12	Soporte a sistema Rhumanos	6		
13	Soporte a sistema patologia	2		
14	Soporte a sistema hospitalización	1		
15	Soporte a sistema de Caja	16		
26	Soporte a sistema Sigho	15		
16	Asistencia Técnica (Consultas)	85		
17	Reprogramado de equipo (Formateo)	5		
18	Soporte a impresora k920	30		
19	Soporte a impresora Kmita3130	15		
25	Soporte a Redes	38		
20	Soporte a Telefonos Voz/IP	23		

Fig8. Administrador de categorías



Nuevo artículo de la base de conocimiento

Categoría:

Tipo:

- Publicado**
El artículo puede verse por todos los usuarios en la base de conocimientos
- Privado**
Artículos privados que solo pueden leerse por los usuarios de soporte.
- Limitado**
El artículo no está publicado pero ha sido guardado. Pueden ser leídos únicamente por el staff que tienen permiso para administrar la base de conocimientos.

Asunto:

Fig9. Base de conocimiento

5. CONCLUSIONES

Mediante el sistema de Gestión de Ticks de Soporte, se mejoro la atención al usuario de forma personalizada creando una base de conocimientos almacenada y disponible para su consulta en cualquier momento.

Se otorga la claridad y transparencia en los procesos de atención en cuanto a incidentes que presenten los equipos de cómputo.

Se simplificaron muchos procesos repetitivos que consumen mucho tiempo al realizar soporte.

Se integraron y sistematizaron los procesos de mejora para el departamento de TI, mejorando los servicios de soporte que este ofrece, atendiendo los múltiples reportes, dando prioridad a los reportes urgentes sin descuidar a los no urgentes pero que aun no dejan de ser importantes.

El sistema aumento la productividad del departamento de TI y mejoro el rendimiento del staff que realiza el soporte o servicios.

El sistema ayudo a la organización y monitoreo de las actividades de los usuarios en cuanto al uso de la infraestructura tecnológica y de información del HRAECS.

Se eliminaron cuellos de botella, y se generaron respuestas almacenadas de distintos sucesos.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Se identificaron y clasificaron las solicitudes descartando las falsas alarmas que no requieren una atención personalizada.

Se integraron nuevas métricas y parámetros al momento de prestar soporte técnico. Y se garantizó la atención al usuario y recepción de las solicitudes aun cuando no hay personal disponible en el área.

6. TRABAJOS FUTUROS

Se propone la versión 2.0 del Sistema de Gestión de Tickets de Soporte, para eliminar el uso de papel en diversas áreas del HRAECS, cumpliendo con la campaña Hospital Verde 2013, se mejora la base de datos para proporcionar un sistema más dinámico y se mejoran los procesos internos de la base de datos para generar la base de conocimientos que estará disponible para todos los usuarios que experimenten un mismo problema, el sistema tiene como finalidad buscar casos similares y proponer posibles soluciones antes de terminar de formular la solicitud.

Se mejoran las métricas internas del sistema y se propone el uso no solo para atender solicitudes del departamento de TI.

<input type="checkbox"/>	ID de seguimiento	Actualizar	Nombre	Asunto	Estado	última respuesta	
<input type="checkbox"/>	2WQ-YDU-DJ7B	1d14h	Yeni Dolores Martinez Velazquez	* Telefono no sirve tras apogon electrico	Resuelto	Angel Alejandro Villalobos Velazquez	
<input type="checkbox"/>	QTG-R4Q-V1RV	14h26m	Dra. Espindola	* Programacion de Banderas	Resuelto	Vanessa Benavides Garcia	
<input type="checkbox"/>	SL8-8MN-5Q38	14h22m	Dr. Islas	* Modificaciones del sistema	Resuelto	Vanessa Benavides Garcia	
<input type="checkbox"/>	W5P-LA2-JUVU	14h11m	Ing. Iris Salinas	* Estudio de factibilidad de ECE 2013	Resuelto	Vanessa Benavides Garcia	
<input type="checkbox"/>	MJG-44H-XYU4	13h56m	CP. Jose Luis	* Reporte de procedimientos por nivel	Resuelto	Vanessa Benavides Garcia	
<input type="checkbox"/>	JW2-JMN-7GEM	14h16m	Lic. Nancy Financieros	* Actualizacion de cuenta	Resuelto	Vanessa Benavides Garcia	
<input type="checkbox"/>	M59-J1B-LVX7	12h30m	SATURNO JIMENEZ ALICIA EUGENIA	* Configurar carpeta compartida	Resuelto	Enrique Villafaña Gómez	
<input type="checkbox"/>	17X-V98-PNQQ	14h27m	Dr. Federico Islas	* Observaciones en el sistema	Resuelto	Jehiely Belem Hernandez	
<input type="checkbox"/>	Y7N-9DD-RHS3	14h24m	Lic. Tita	* Impresora de imagenologia no imprime	Resuelto	Jehiely Belem Hernandez	

Fig10. Sistema de Gestión de Ticks de Soporte v2.0 en desarrollo.

El sistema incluya nuevas funciones como reportes más detallados, medir indicadores de productividad, generar base de conocimientos, y recomendar posibles soluciones a los usuarios cuando estos se encuentren formulando un ticket o solicitud de soporte y muchos más que no se detallan por el momento.



BIBLIOGRAFIA

1. Kai 'Oswald' Seidler. *Servidor web XAMPP*. <http://www.apachefriends.org/es/xampp.html>.
Modificación pasada: Tue Aug 3 15:24:16 2010. © 2002-2012 Apache Friends, Imprint
2. Marc Delisle Traducido por: Maika Vicente Navarro. *Gestor de base de datos Phpmyadmin*.
Ed. Packt Publishing, 2007. ISBN:1904811981, 9781904811985.
3. Matthew MacDonald, O'Reilly Media. *Lenguaje de programación html. HTML5: The Missing Manual*. Ebook August. 2011. pp 450.
4. José Manuel Alarcón, José Manuel Alarcón Aguín. *Lenguaje de programación Javascript*.
JavaScript, Guías Prácticas Para Usuarios / Practical Guides for Users. Ed. Anaya Multimedia,
2004. Pp 336.
5. Francisco Charte Ojeda. *Lenguaje de programación Ajax. Ajax Guía práctica para usuarios*.
Ed. Anaya Multimedia. 2007.
6. *Mysql 5 Instalación, implementación, administración y Programación* . Copyright – Editions
ENI – Mayo 2006 ISSN 1629-7458 ISBN: 2-7460-3069-1. <http://dev.mysql.com/>
7. *Lenguaje de programación Php. PHP a beginner's guide*. Ed. McGraw-Hill Prof Med/Tech,
02/10/2008 - 453 páginas. <http://www.php.net/>



SISTEMA DE PROGRAMACION QUIRURGICA

Vanessa Benavides Garcia, Jehiely Belem Hernández Castillo, Karina Cancino Villatoro,
Enrique Villafaña Gómez.

Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud, Hospital Regional de Alta Especialidad
Ciudad Salud, Universidad Politécnica de Tapachula, Hospital Regional de Alta Especialidad
Ciudad Salud Vanessa.benavides@uptapachula.edu.mx, hjeielybelem@gmail.com,
karina.cancino@uptapachula.edu.mx, villafanaenrique@gmail.com

RESUMEN

El Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud es un hospital joven que se encuentra en etapa de automatización de cada uno de los procesos que se llevan en sus servicios, es por ello que se trabajó en un sistema que sea útil para el área de quirófano, quienes son los responsables de elaborar la programación quirúrgica del hospital, un sistema de este tipo permite optimizar el uso de los recursos tanto humanos como materiales, mejorar la organización de la información referente a las intervenciones que se realizan durante todo el año, mejorar la calidad de servicio prestada a los pacientes que se encuentran en espera de ser intervenidos quirúrgicamente, de igual manera da un panorama para gestionar recursos de espacio en base a la demanda que se tiene, permite comparar la productividad de los médicos y de las especialidades del hospital.

Se utilizó como tecnología de desarrollo en el Sistema de Programación Quirúrgica el Gestor de Base de Datos SQL Server, procedimientos almacenados de Transact SQL para los procesos y visual.net para la parte de la aplicación que se instaló en todas las áreas del hospital. Cabe señalar que un 80% de las áreas utilizan dicha aplicación.

ABSTRACT

The Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud is a hospital that located in stage of automation of each of the processes that lead to their services, which is why we are working on a system that is useful to the surgical area, who are responsible for developing the hospital's surgical program, a system of this type to optimize the use of human and material resources, improve the organization of information regarding interventions that are performed throughout the year, improving the quality service provided to patients who are waiting to be operated on, likewise gives an overview for managing resources based on demand, the ability to compare the productivity of medical and hospital specialties.

INTRODUCCION

Las tecnologías de la información aplicadas al área medica han dado una mayor versatilidad a la manera de realizar las actividades en cada área y han permitido nuevas áreas de oportunidad para los computólogos y tecnólogos, quienes se encuentran en constante preparación para enfrentar los cambios que suceden a diario en su rama.

Este trabajo presenta un área de oportunidad presentada en el Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud que fue aprovechada por el área de Tecnologías de la información y que favoreció a la parte técnica del área de quirófanos que se encarga de programar y calendarizar las cirugías de los pacientes de dicho nosocomio.

En virtud que el hospital es de tercer nivel se encarga de brindar atención médica a usuarios que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento a través de una o varias especialidades medicas, quirúrgicas o medico-quirúrgicas, y que se encuentra en proceso de acreditación y certificación la calidad en cada uno de los procesos en de vital importancia para cada uno de los jefes de servicio del hospital, es por ello que este desarrollo tecnológico a favorecido en dichos procesos.



TEORIA

2.1 ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE INFORMACION?

Según Laudon & Laudon:

“Un sistema de información se puede definir desde un punto de vista técnico como un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones y el control de la organización. También pueden ayudar a los gerentes y trabajadores a analizar problemas, visualizar asuntos complejos y crear nuevos productos”.

Las diferentes metodologías de desarrollo de sistemas de información computacional que existen deben definir: objetivos, fases, tareas, productos y responsables, necesarios para la correcta realización del proceso y su seguimiento

Los principales objetivos de una metodología de desarrollo son:

- Asegurar la uniformidad y calidad tanto del desarrollo como del sistema en sí.
- Satisfacer las necesidades de los usuarios del sistema.
- Conseguir un mayor nivel de rendimiento y eficiencia del personal asignado al desarrollo.
- Ajustarse a los plazos y costes previstos en la planificación.
- Generar de forma adecuada la documentación asociada a los sistemas.
- Facilitar el mantenimiento posterior de los sistemas.

2.2 TECNOLOGIA CLIENTE - SERVIDOR

La tecnología Cliente/Servidor es el procesamiento cooperativo de la información por medio de un conjunto de procesadores, en el cual múltiples clientes, distribuidos geográficamente, solicitan requerimientos a uno o más servidores centrales.

Un sistema Cliente/Servidor es un Sistema de Información distribuido basado en las siguientes características:

- Servicio: unidad básica de diseño. El servidor los proporciona y el cliente los utiliza.
- Recursos compartidos: Muchos clientes utilizan los mismos servidores y, a través de ellos, comparten tanto recursos lógicos como físicos.
- Protocolos asimétricos: Los clientes inician “conversaciones”. Los servidores esperan su establecimiento pasivamente.
- Transparencia de localización física de los servidores y clientes: El cliente no tiene por qué saber dónde se encuentra situado el recurso que desea utilizar.
- Independencia de la plataforma HW y SW que se emplee.
- Sistemas débilmente acoplados. Interacción basada en envío de mensajes.
- Encapsulamiento de servicios. Los detalles de la implementación de un servicio son transparentes al cliente.
- Escalabilidad horizontal (añadir clientes) y vertical (ampliar potencia de los servidores).
- Integridad: Datos y programas centralizados en servidores facilitan su integridad y mantenimiento.

2.3 PROGRAMACION QUIRURGICA

El propósito de la programación de Cirugía de quirófano es: “Proporcionar asistencia médica y anestésica Quirúrgica integral de calidad y calidez al paciente que requiera una intervención”

El proceso a seguir para poder llevar a cabo la operación quirúrgica es el siguiente:



Secuencia de etapas	Actividad	Responsable
1.0 Valoración del paciente	1.1 En hospitalización, consulta externa, urgencias y servicio que lo requiera	Cirujanos y médicos residentes
	1.2 ¿El paciente requiere Cirugía? NO. Se hace la nota de valoración del caso clínico. Termina el procedimiento. SI: Se hace la nota de valoración del caso clínico, se identifica al paciente con la pulsera en la mano derecha, se completan estudios de laboratorio y gabinete continua actividad 2.1	
2.0 Registro de solicitud y programación de Cirugía	2.1 Se requisita la solicitud de cirugía y consentimiento informado autorizados y firmados por el paciente, o el familiar, dos testigos y/o tutor legal en caso de que no esté apto o sea menor de edad. Solicitud de Hemoderivados.	
	2.2 Se entrega al personal administrativo de la subdirección de cirugía para su programación	Personal administrativo. Cirujanos y médicos residentes.
	2.3 ¿La cirugía es electiva? SI: Se programa la cirugía antes de 48hs. de acuerdo al rol de Cirujanos y anesthesiólogos, se registra en el pizarrón (electrónico) del sistema siego. Continúa actividad 3.1 NO: La cirugía es urgente, se programa inmediatamente con la jefa de enfermera de quirófanos la cirugía, y se entregan a quirófano las solicitudes. continua actividad 4.1	Personal administrativo. Anesthesiólogos. Enfermera jefe de Quirófanos, Circulante, instrumentista.
3.0 Distribución de la programación	3.1 Se entrega programación a quirófano, recuperación Departamento de enfermería, urgencias, admisión, trabajo social, archivo clínico, banco de sangre, Jefe de residentes de la división de cirugía, Patología y personal de vigilancia.	Personal administrativo. Cirugía, anesthesiología
4.0 Preparación de material y equipo quirúrgico.	4.1 Se prepara la sala con equipo, instrumental, suturas, material de consumo 18hs antes del procedimiento quirúrgico. material del procedimiento de consu	Enfermería, cirujano, anesthesiólogo, médico residente, intendencia, camillero.
	TERMINA EL PROCEDIMIENTO	

2.4 METODOLOGIA DE DESARROLLO DE SOFTWARE RUP

El proceso unificado conocido como RUP (ver fig. 1), es un modelo de software que permite el desarrollo de software a gran escala, mediante un proceso continuo de pruebas y retroalimentación, garantizando el cumplimiento de ciertos estándares de calidad. Aunque con el inconveniente de generar mayor complejidad en los controles de administración del mismo. Sin embargo, los beneficios obtenidos recompensan el esfuerzo invertido en este aspecto.

El proceso de desarrollo constituye un marco metodológico que define en términos de metas estratégicas, objetivos, actividades y artefactos (documentación) requerido en cada fase de desarrollo. Esto permite enfocar esfuerzo de los recursos humanos en términos de habilidades, competencias y capacidades a asumir roles específicos con responsabilidades bien definidas.



Fases de la metodología RUP, (ver fig2).

Inicio o concepción

Esta fase tiene como propósito definir y acordar el alcance del proyecto con los patrocinadores, identificar los riesgos potenciales asociados al proyecto, proponer una visión muy general de la arquitectura de software y producir el plan de las fases y el de iteraciones.

Elaboración

En la fase de elaboración se seleccionan los casos de uso que permiten definir la arquitectura base del sistema y se desarrollaran en esta fase, se realiza la especificación de los casos de uso seleccionados y el primer análisis del dominio del problema, se diseña la solución preliminar.

Construcción

El propósito de esta fase es completar la funcionalidad del sistema, para ello se deben clarificar los requerimientos pendientes, administrar los cambios de acuerdo a las evaluaciones realizados por los usuarios y se realizan las mejoras para el proyecto.

Transición

El propósito de esta fase es asegurar que el software esté disponible para los usuarios finales, ajustar los errores y defectos encontrados en las pruebas de aceptación, capacitar a los usuarios y proveer el soporte técnico necesario. Se debe verificar que el producto cumpla con las especificaciones entregadas por las personas involucradas en el proyecto.

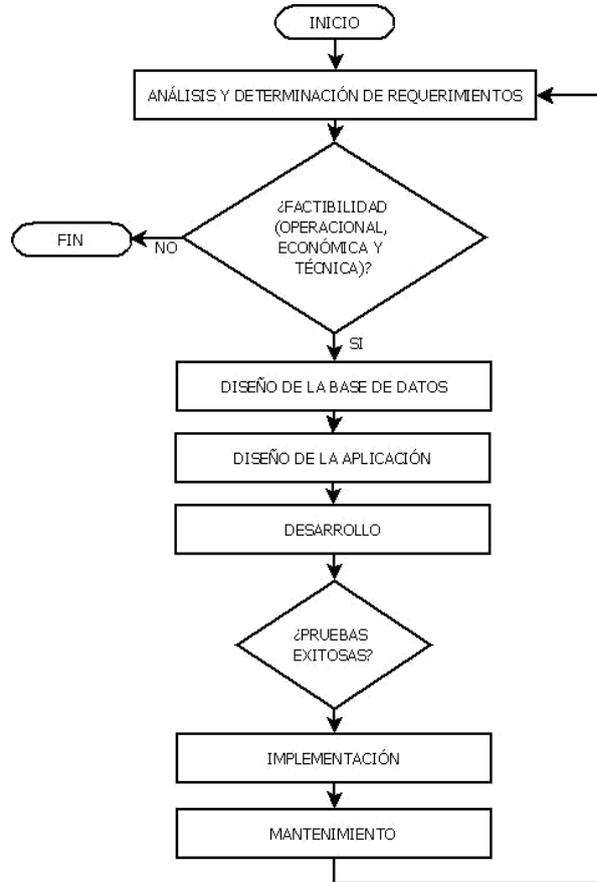


Fig1. Diagrama de flujo metodología RUP.

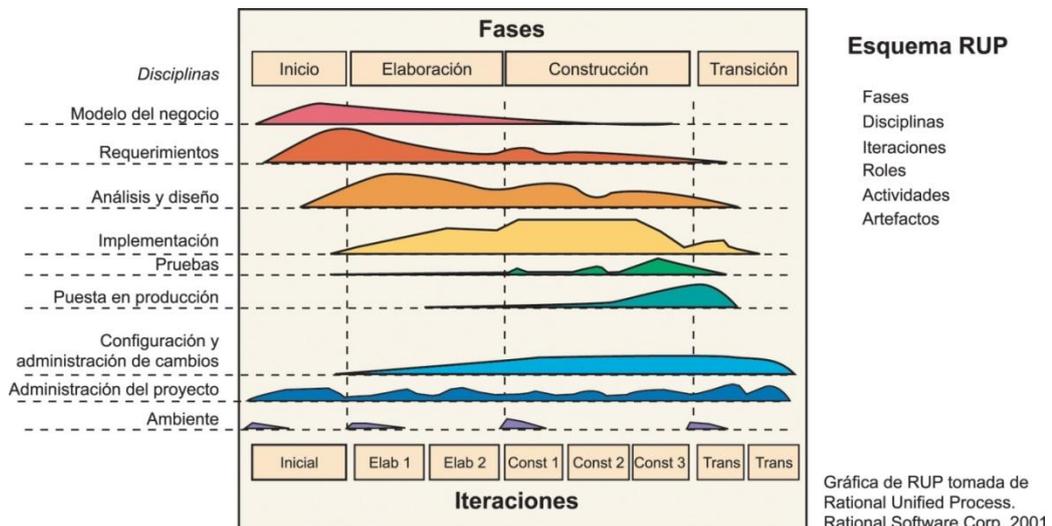


Fig2. Grafica de las fases de RUP.



7. DESARROLLO

El sistema fue desarrollado teniendo como base el siguiente diagrama de flujo:

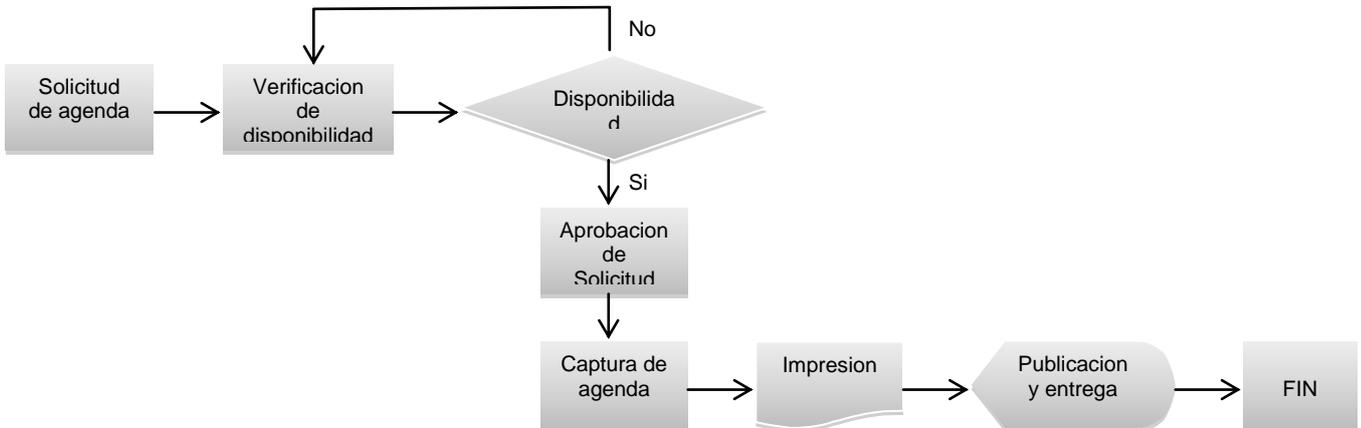
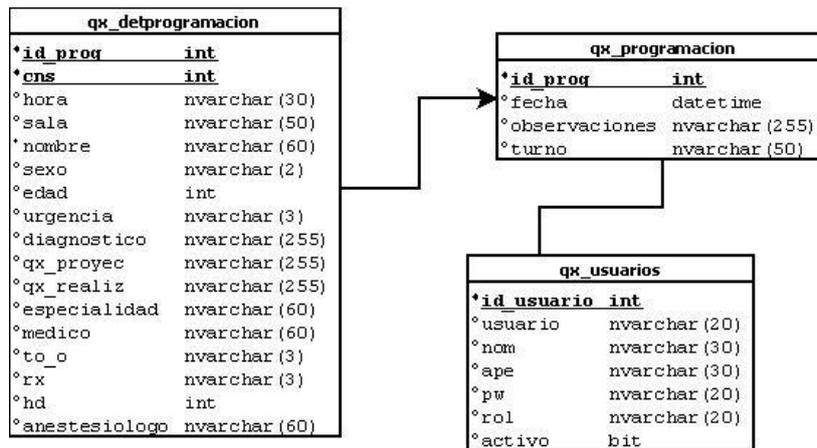


Fig3. Diagrama de flujo proceso de realización de la programación quirúrgica.

Dicho diagrama muestra la secuencia de los procesos que integran la aplicación, para la creación de la base de datos se utilizó el motor de SQL server 2005 basándose del siguiente diagrama relacional.



Una vez desarrollada la base de datos se programaron los módulos en visual basic .NET generando una serie de clases (ver fig. 5), utilizando un netframework 4.0, y los reportes en Crystal Report 11. El software esta implementado en un servidor Windows server 2003 y cada

Fig4. Diagrama relacional de la base de datos de quirúrgica.

cliente accede a través de la red utilizando el protocolo de comunicaciones TCP/IP.



Fig5. Diagrama de clases de la aplicación.

Especificación de casos de uso correspondiente al almacenamiento de la Programación quirúrgica en la base de datos.

ID Caso Uso:	1
Nombre Caso Uso:	Almacena programación quirúrgica
Creador:	MCC. Vanessa Benavides Garcia
Fecha Creación:	10/enero/2012
Actores:	Dirección de quirófano, secretaria
Descripción:	Genera el alta de la programación quirúrgica en la base de datos del sistema.
Generador:	El director de quirófano acepta la solicitud del medico que desea que se le asigne un espacio en las salas de quirófano.
Precondiciones:	1. La identidad del usuario o capturista que ha sido autenticado 2. Solicitud por parte del medico que realizara la cirugia.
Post condiciones:	1. La agenda de las cirugías se da de alta en el sistema por primera vez.
Flujo Normal:	1. Secretaria captura todas las solicitudes aceptadas. 2. Sistema valida los datos introducidos en cada campo 3. Sistema verifica que están completos los campos obligatorios 4. El sistema almacena los datos en la base de datos del servidor.
Flujo Alternativo:	Condición 1: La fecha de la programación ya existe 1. Se genera una alerta en donde se informa que el día ya tiene programaciones capturadas. Condición 2: No se capturan todos los datos. 1. Se genera una alerta en donde se informa que faltan datos por capturar.
Excepciones:	1. Fallo en la conexión de la red.

Tabla 1. Plantilla de caso de uso.



3.1 pantallas de la aplicación.



Fig6. Pantalla principal.

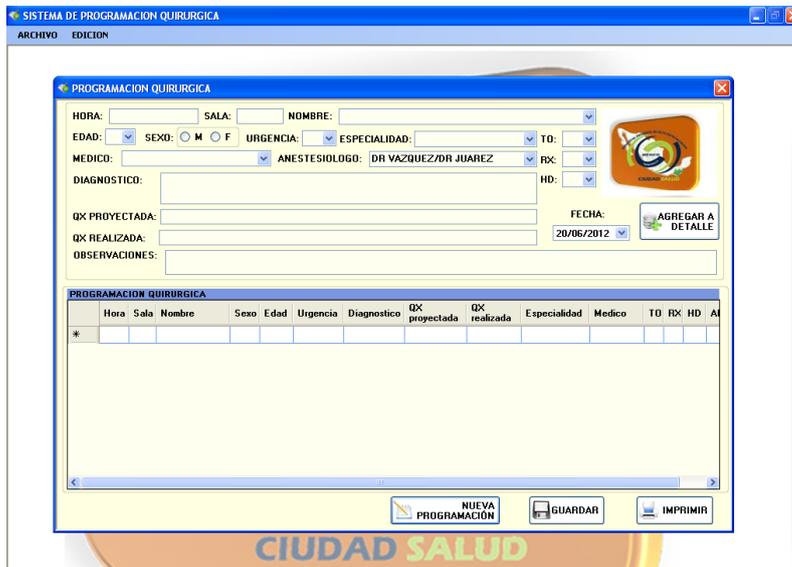


Fig6. Alta de programación.

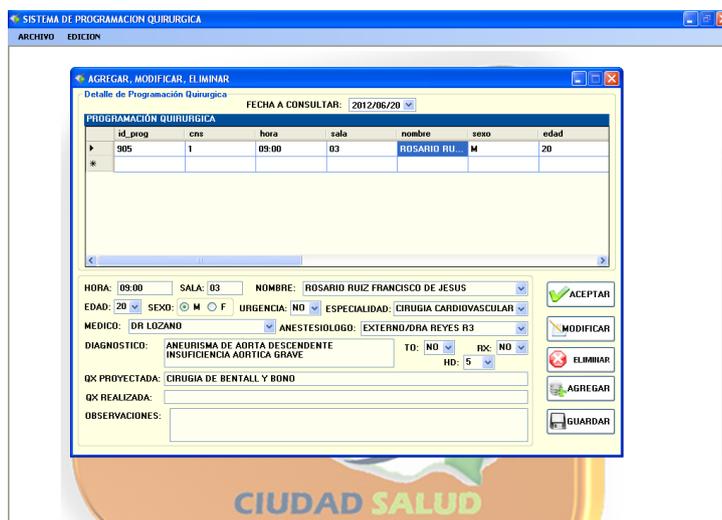


Fig7. Modificación de programación.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



SISTEMA DE PROGRAMACION QUIRURGICA

ARCHIVO EDICION

CONSULTA GENERAL

Detalle de Programación Quirúrgica

DIARIA POR RANGO DE FECHAS

FECHA INICIO 2013/04/02 FECHA FIN 2013/04/07

fecha	cns	hora	sala	nombre	sexo	edad	urgencia	diagnostico
05/04/2013	1	09:00	1	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	F	15	SI	FSDDFFDD
05/04/2013	3	09:00	1	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	F	15	SI	FSDDFFDD
02/04/2013	7	16:00	3	JOSE A LEON AGUILAR	F	45	NO	LITIASIS U
05/04/2013	6	09:00	1	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	F	15	SI	FSDDFFDD
05/04/2013	2	09:00	1	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	F	15	SI	FSDDFFDD
02/04/2013	10	11:00	3	VANESSA BENAVIDES GARCIA	M	69	NO	CCL
05/04/2013	4	09:00	1	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	F	15	SI	FSDDFFDD
02/04/2013	9	11:00	3	VANESSA BENAVIDES GARCIA	M	69	NO	CCL
02/04/2013	1	08:30	1	CRUZ MATIAS ALONSO	M	45	NO	TUMOR DE
02/04/2013	2	08:30	2	TOLEDO OVANDO SANTANA	M	45	NO	TUMOR DE
02/04/2013	3	16:00	3	FLORES VEGA GPE	F	45	NO	LITIASIS U
02/04/2013	4	11:00	3	MUÑOZ ROBLERO ANTONIO	M	69	NO	CCL
02/04/2013	5	08:30	4	XIOMARA MEDINA	F	49	NO	HIDROCEF.

ACEPTAR IMPRIMIR

Fig8. Consulta de programación.

REPORTES

Informe principal

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD "CIUDAD SALUD"

CONSULTA DE PROGRAMACION QUIRURGICA

02/04/2013 A 07/04/2013

FECHA	HORA	NOMBRE	EDAD	URGEN	DIAGNOSTICO	QU. PRODUCTADA	EXPLORAE	ESPECIALIDAD	MEDICO	TO	EA	ED	ANESTESIOLOGO
02/04/2013	16:00	JOSE A LEON AGUILAR	45	NO	URTERO LIFERAL DD Y COLANGIOFEMORAL DER	SI	UROLOGIA	L VASQUEZ	SI	NO	0	0	JUAREZ
02/04/2013	11:00	VANESSA BENAVIDES GARCIA	69	NO	CCL	SI	CRUIA	FILIBERTO GZLZ	NO	NO	1	0	GLORIA
02/04/2013	08:30	CRUZ MATIAS ALONSO	45	NO	TUMOR DE PAROTIDA DERECHA EN ESTENOSE DE LA TUBERIA DE MAMARIA DER	SI	ORL	PALACIOS	SI	NO	0	0	CRUZ
02/04/2013	08:30	TOLEDO OVANDO SANTANA	45	NO	URTERO LIFERAL DD Y COLANGIOFEMORAL DER	SI	GINECOLOGIA	ORDONEZ	SI	NO	0	0	SANCHEZ
02/04/2013	16:00	FLORES VEGA GPE	45	NO	URTERO LIFERAL DD Y COLANGIOFEMORAL DER	SI	UROLOGIA	L VASQUEZ	SI	NO	0	0	JUAREZ
02/04/2013	11:00	MUÑOZ ROBLERO ANTONIO	69	NO	CCL	SI	CRUIA	FILIBERTO GZLZ	NO	NO	1	0	GLORIA
02/04/2013	08:30	XIOMARA MEDINA	49	NO	HIDROCEFALIA	SI	NEUROCRUIA	LUS GARCIA	NO	NO	2	0	DR VIZQUEZ JUANES
02/04/2013	08:30	XIOMARA MEDINA	49	NO	HIDROCEFALIA	SI	NEUROCRUIA	LUS GARCIA	NO	NO	2	0	DR VIZQUEZ JUANES
02/04/2013	16:00	VANESSA BENAVIDES GARCIA	69	NO	URTERO LIFERAL DD Y COLANGIOFEMORAL DER	SI	UROLOGIA	DR. PALMIRQUE	SI	NO	0	0	JUAREZ

RECUPERACION:

VALORACIONES:

FECHA	HORA	NOMBRE	EDAD	URGEN	DIAGNOSTICO	QU. PRODUCTADA	EXPLORAE	ESPECIALIDAD	MEDICO	TO	EA	ED	ANESTESIOLOGO
02/04/2013	08:30	SOLBARRIUELO JIMNER	41	NO	BIBESOPYRIN DD	SI	ARTROSCOPIA DD	TRAUMA-ORT.	PAZMIRQUE	NO	SI	0	QUINTERO
02/04/2013	08:30	FREZ GONZALEZ JESSIE	41	NO	INSULINOMA	SI	RESECCION DE TUMOR EN COLA DE PANCREAS	ONCOCRUIA	CHRISTIAN	NO	NO	0	D. REYES
02/04/2013	09:00	BAZA OVANDO MAGDALENA	39	NO	ESTENOSIS DE COLON SIGMOIDES POSTANASTOMOSIS DISTAL CON DIVERTICULO EN EST. A ESCARTAR AMPULLUM TUMOR DE PANCREAS, G4	SI	COLOPROCTO	R. REYES	NO	NO	0	BRANCURIZ	
02/04/2013	11:00	DE LOS SANTOS MARTINEZ RAUL	82	NO	C.P.R.E.	SI	COLOPROCTO	R. REYES	NO	SI	0	0	BRANCURIZ
02/04/2013	16:00	ALFARO ROBLERO MARIA ELENA	61	NO	FRACURA DE RADIO DD, G4	SI	RAFI RADIO DD	CRUIA	E. MEDINA	SI	NO	2	DR JUAREZ

RECUPERACION:

VALORACIONES:

FECHA	HORA	NOMBRE	EDAD	URGEN	DIAGNOSTICO	QU. PRODUCTADA	EXPLORAE	ESPECIALIDAD	MEDICO	TO	EA	ED	ANESTESIOLOGO
02/04/2013	08:30	RODRIGUEZ SHARON MELARY	24	NO	OTITE MEDIA CRONICA DD	SI	TIMPANOPLASTIA DD	ORL	PALACIOS	NO	NO	0	GLORIA REYES
02/04/2013	08:30	RODRIGUEZ PATRICIA	42	NO	TUMOR COMPLEJO DE OVARIO	SI	LAFE + ETO	GINECOLOGIA	ORDONEZ	SI	NO	0	SANCHEZ
02/04/2013	15:30	INDULSA ISOTO ESCOBAR	55	NO	INSUFICIENCIA VENOSA DE MIEMBRAS INFERIORES	SI	SAFENECTOMIA DERECHA	CR. VASCULAR	DR. TITO RUZ CUETO	NO	NO	0	DR JUAREZ
02/04/2013	08:30	GGDINZ PALACIOS CONCEPCION	72	NO	FRACURA DE RADIO DD, G4	SI	RAFI RADIO DD	TYO	PAZMIRQUE	NO	SI	0	BRANCURIZ

RECUPERACION:

VALORACIONES:

FECHA	HORA	NOMBRE	EDAD	URGEN	DIAGNOSTICO	QU. PRODUCTADA	EXPLORAE	ESPECIALIDAD	MEDICO	TO	EA	ED	ANESTESIOLOGO	
02/04/2013	09:00	VICTORIA GUADALUPE RAMIREZ	15	SI	FSDDFFDD G.HGHK	SI	DFDFFDD	SI	ORTOPEDIA	DR. PALMIRQUE	SI	SI	1	DR ELIAS

Fig9. Reporte de programación

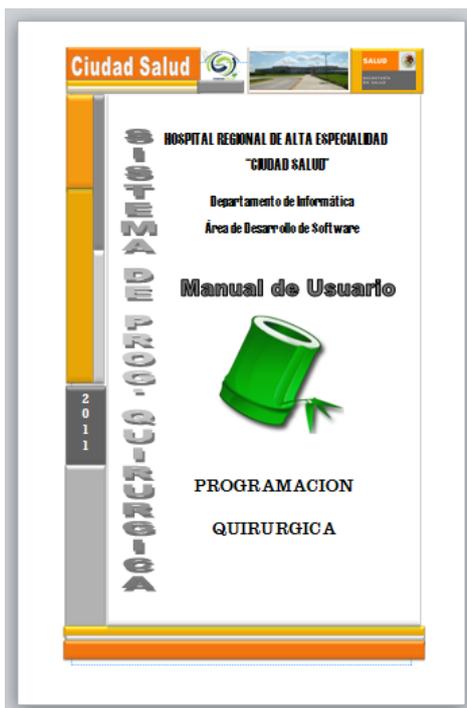


Fig10. Caratula del Manual del sistema de programación quirúrgica.



8. RESULTADOS

En la actualidad, está reconocida la necesidad de disponer de información sistemática y exacta que facilite la realización de los procesos en una organización de tal forma que ello implique una mejora en la calidad y efectividad del servicio prestado.

El sistema de programación quirúrgica es una herramienta que automatiza la agenda de las operaciones que se realizan diariamente en las diferentes salas de quirófano del Hospital Regional de Alta Especialidad.

Beneficios que se obtienen:

- Agiliza el proceso de comunicación en las áreas de las cirugías que se realizaran en el la semana.
- Disminuye el uso de papel y de insumos del hospital para entregar a las áreas la programación quirúrgica.
- Proporciona la confiabilidad de saber exactamente en cualquier momento el número de cirugías realizadas en la semana en cualquier momento dado.
- Es posible obtener reportes de las cirugías realizadas y servir como parte de los datos de productividad del hospital que son manejados por parte del área de Estadística.

Impacto positivo del sistema:

- En cuanto al aspecto social el sistema reduce los tiempos de espera de las diferentes áreas por conocer la agenda de las diferentes salas de quirófano.
- En cuanto al lenguaje, el sistema mantiene información sobre cada cirugía programada por parte de cada medico en su especialidad lo cual permite identificar todas las cirugías que fueron realizadas en la semana, en el mes o en el año.

El sistema de programación quirúrgica es un sistema de procesamiento de transacciones porque el objetivo es capturar las cirugías a realizar en las diferentes salas de quirófano, que sirve de apoyo a la toma de decisiones por parte de los mandos intermedios y superiores. Alguna de las áreas involucradas son: trabajo social, hospitalización, admisión continua, laboratorio, patología, imagenología, archivo clínico, consulta externa, estadística, anestesiología, subdirección medica y la dirección medica.

- Realizar la captura de datos generales de las cirugías ya sea menores o mayores que son realizadas a los pacientes del HRAE Ciudad Salud.
- Tener el control de los tiempos libres de cada sala de quirófano.
- Informar a las diferentes áreas de las cirugías programadas para la semana.
- Ser herramienta de ayuda para los procesos de las diferentes áreas medicas y paramédicas que son involucradas

9. CONCLUSIONES

Toda institución busca a través de sus proyectos maximizar la calidad de los bienes, trámites y servicios que brinda, incrementar su efectividad y minimizar los costos de operación y administración; con estos tres objetivos podemos decir que en el Hospital de Alta Especialidad Ciudad Salud se esta llevando esta labor en el área de tecnologías de la información al desarrollar aplicaciones que favorecen a cumplir dichos objetivos.

Al desarrollar e implementar el sistema de programación quirúrgica se mejora la comunicación entre las diferentes áreas y se da una herramienta para la toma de decisiones por los mandos medios y altos del nosocomio.

La programación quirúrgica es un proceso medico quirúrgico de vital importancia del HRAE ciudad Salud y los encargados de dicha labor son esenciales para la administración de los recursos y de la atención del paciente.

Finalmente se comprueba que el uso de la tecnología y de los sistemas de información en una institución de salud es una de sus fortalezas para sus procesos tanto operativos como de gestión y administración



BIBLIOGRAFIA

1. Omar Gómez Cruz. Manual de procedimientos de quirófano. Hospital de Alta Especialidad Ciudad Salud. Mexico, 2010.
2. Paul E. Renaud. *Introduction to Client / Server Systems*. A Practical Guide for Systems Professionals. Ed. John Wiley & Sons Inc. New York, USA. 2000.
3. Andrew S. Tanenbaum y Maarten Van Steen. *Sistemas Distribuidos*. Ed. Pearson Education. Mexico. 704. 2008.
4. Kenneth C. Laudon y Jane P. Laudon. *Sistemas de Información Gerencial*. Ed. Prentice Hall. México, 36-177. 2004.
5. Roger S. Pressman. *Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico*. Ed. Mc Graw Hill, 6ta edición. Mexico. 2005.
6. Ian Sommerville. *Ingeniería de Software*. Ed. Pearson Addison-Wesley. Madrid, España. 2006.
7. Robert Vieira. *Professional SQL Server 2005 Programming*. Ed. Wiley publishing Inc. Indianapolis Indiana. 35-153. 2007



SISTEMA ECCO (ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL), ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL EN LAS EMPRESAS

Hugo Vázquez Lagunas¹ Roberto Cano Rojas², Benjamín López González³, María del Socorro Moreno Figueroa⁴, Bany Sabel Hernández Cardona⁵

1, 2, 3, 4 y 5 Instituto Tecnológico de Toluca

3 Unidad Académica Profesional Tianguistenco

1isc.hvl@gmail.com, 2 bob_cano25@hotmail.com 3 blopezg@uaemex.mx, blopezg@ittoluca.edu.mx, 4 s_morenof@hotmail.com 5. banyshc@yahoo.com.mx

RESUMEN

SISTEMA ECCO (encuesta de clima y cultura organizacional), es un sistema desarrollado mediante una página web para la aplicación de encuestas sobre el clima y la cultura organizacional que existe en las empresas y/u organizaciones, tiene como objetivo, analizar la importancia de la cultura y el clima organizacional como factores determinantes en la eficacia del personal que se genera dentro de esta.

Existen diversas aplicaciones web que nos permiten realizar este tipo de encuestas, sin embargo, la innovación y/o relevancia que tiene este sistema es que no solo permite realizar la evaluación, si no también permite generar reportes acerca de los resultados de acuerdo al jefe, al área de trabajo o incluso de forma general abarcando lo que es toda la empresa o en su caso toda la organización; dichos reportes son presentados de forma gráfica y/o numérica, en pocas palabras como lo requiera el usuario que se encuentre manejando el sistema.

El desarrollo del SISTEMA ECCO permite que los usuarios tengan contacto con las tecnologías de la información y comunicaciones y así mismo les permite a las empresas disminuir los gastos y el tiempo que genera la aplicación de esta evaluación de forma manual.

ABSTRACT

ECCO SYSTEM (climate survey and organizational culture), is a system developed by a web page to implement climate surveys and organizational culture that exists in companies and / or organizations, aims to analyze the importance of culture and organizational climate as determinants in staff efficiency generated within this.

There are many web applications that allow us to perform these surveys, however, innovation and / or relevance of this system is that not only allows the assessment, but also allows you to generate reports on the results according to boss the workspace or even generally encompassing what is the whole company or possibly the entire organization; these reports are presented graphically and / or numerically, in a nutshell as required by the user who is running the system.

ECCO system development allows users to contact the information technology and communications and likewise allows companies to reduce costs and time generated by the application of this assessment manually.



1. INTRODUCCIÓN

La cultura organizacional ha dejado de ser un elemento inerte en las organizaciones para convertirse en un elemento estratégico de suma importancia.

Cada empresa u organización cuenta con su propio clima y cultura organizacional y esto se logra cuando se cuenta con una serie de percepciones comunes, donde la personalidad de cada colaborador se caracteriza y se diferencia de las demás organizaciones, para así determinar cierta influencia que la cultura de la organización ejerce en cada uno de los miembros de la misma. Cuando la empresa u organización consigue consolidar sus estándares culturales se puede decir que asume una vida propia.

La cultura organizacional tiene relación con las normas y procedimientos de una empresa, las cuales deben seguir los colaboradores para que esta tenga un óptimo funcionamiento; estas normas y procedimientos pueden ser los planes estratégicos (visión, misión, etc.) y algunos aspectos administrativos, como capacitaciones, ausencias, toma de vacaciones, entre otras.

El clima organizacional es la atmosfera de la empresa, prácticamente lo que se respira en ella, este concepto comprende todo el conjunto de sentimientos y emociones favorables y desfavorables que perciben los colaboradores tanto en el área de trabajo como en la toma de decisiones y en las relaciones interpersonales, entre otros.

Se puede concluir que el clima organizacional repercute en una mayor calidad en la vida del personal y esto a su vez se refleja en los productos y/o servicios; de allí que se diga que las percepciones sobre el clima organizacionales un elemento clave del comportamiento de los individuos en las organizaciones.

2. FUNDAMENTOS

Hoy en día las tecnologías de la información y comunicación (TIC'S) son un conjunto de recursos necesarios que nos permiten manipular, administrar, transmitir y almacenar la información; mediante programas informáticos[1].

El reto que enfrentamos al tocar el tema del clima y la cultura organizacional y mezclarlo con las herramientas de las tecnologías de la información y comunicación es poder desarrollar una aplicación que nos permita analizar la importancia de la cultura y clima organizacional como factores determinantes en la eficacia del personal dentro de una organización y/o empresa para la toma de decisiones[2].

En el presente artículo muestra el desarrollo de una aplicación web que tiene como nombre SISTEMA ECCO (ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL), el cual tiene como objetivo analizar la importancia de la cultura y clima organizacional como factores determinantes en la eficacia del personal dentro de una organización y/o empresa.

Para ello se utilizaran las herramientas informáticas como son los lenguajes de programación Java, JavaScript, HTML, PHP, entre otros; por medio del entorno de desarrollo netbeans 7.1.1 y dreamweaver. Del mismo modo se desarrollara una aplicación que permitirá generar reportes acerca de las evaluaciones realizadas.

3. METODO

Dentro del desarrollo de software existen metodologías tradicionales y metodologías ágiles; las metodologías tradicionales centran su atención en llevar toda una documentación de forma exhaustiva de todo el proyecto y en cumplir con el plan de trabajo del mismo, definido todo esto



en la fase inicial del proyecto; las metodologías ágiles se basan en la adaptabilidad de los procesos de desarrollo, esta metodología pone en relevancia la capacidad de respuesta a un cambio importante que el seguimiento estricto de un plan de desarrollo.

Dentro de la metodología tradicional se encuentra el modelo DRA (Desarrollo Rápido de Aplicaciones), este modelo es una adaptación a “alta velocidad” del modelo en cascada en el que se logra el desarrollo rápido mediante un enfoque de construcción basado en componentes; esto quiere decir que si se entienden bien los requisitos y se limita el ámbito del proyecto, el modelo DRA nos permitirá crear un “sistema completamente funcional” dentro de un periodo muy corto de tiempo.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el modelo DRA ya que nos permitió tener pequeños prototipos de la aplicación para la realización de pruebas y estos deberían de ser totalmente funcionales.

4. RESULTADO

A continuación se proporcionará una descripción del desarrollo de las aplicaciones mencionadas con anterioridad.

Nota: Las imágenes que se presentaran a continuación fueron diseñadas para una empresa en específico por lo tanto habrá secciones de las imágenes que se muestren borrosas, tratando de ocultar el nombre de la empresa.

La aplicación web se desarrolló mediante el uso de los lenguajes de programación JavaScript, HTML y PHP.

La página web comienza con una pantalla de inicio (Figura 1) la cual tiene como propósito analizar el número que el empleado introduce para saber si pertenece a la empresa, si esta dado de alta en la base de datos o si aún no ha realizado la encuesta.

ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL

(ECCO)

POR FAVOR INGRESE SU NÚMERO DE EMPLEADO EN LA PARTE DE ABAJO:

Importante: La información contenida en esta encuesta es totalmente confidencial y anónima, tus respuestas serán utilizadas para fines estadísticos.

Figura 1. Ventana principal de la página para el sistema de encuestas ECCO



En seguida se presenta una página (figura 2) con una pequeña introducción acerca de lo que trata la encuesta; dependiendo del cliente es el contenido de la encuesta.

ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL

(ECCO)

En: **XX** *estamos conscientes de que nuestros colaboradores son el eje central de nuestra empresa. Es por ello que nos interesa saber tu opinión acerca de diversos aspectos importantes de nuestro clima y cultura organizacional.*

Te invitamos a participar en esta encuesta, respondiendo de manera honesta y franca a cada una de las preguntas que se te presentan.

No existen respuestas correctas o incorrectas, buenas o malas. El manejo de tus datos serán con fines estadísticos y absolutamente confidenciales; por tal motivo te pedimos no compartir tus respuestas con tus compañeros.

A partir de la información que obtengamos, podemos identificar cuales son las principales oportunidades para así poder diseñar un plan específico para atenderlas.

INICIAR ENCUESTA

Figura 2. Página de introducción, muestra ciertas restricciones hacia el usuario.

Una vez aceptado el apartado de la introducción se procede a la realización de la encuesta, esta consta de varios módulos los cuales también dependen del cliente.

Cabe señalar que la evaluación es tanto para personal sindicalizado como para personal administrativo solo que varían algunas preguntas o argumentos de acuerdo a lo que el cliente requiera (Figura 3).



Instrucciones: Te invitamos a responder con sinceridad las siguientes preguntas acerca de tu trabajo. Favor de seleccionar una de las opciones que se te presentan enfrente de cada pregunta, los comentarios son opcionales.

Por favor no dejes preguntas sin contestar.

COMUNICACIÓN

PREGUNTAS	TOTALMENTE DE ACUERDO	PARCIALMENTE DE ACUERDO	PARCIALMENTE EN DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO
Conozco la misión, los valores y la visión de la empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La información que recibo a través de los tableros y revista es útil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La información que recibo en las juntas de equipo es útil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Recibo información de los resultados de la empresa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recibo información de mi supervisor(a) (jefe inmediato) sobre los resultados de mi trabajo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tengo claro cómo mis metas están relacionadas con las de la empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Mi trabajo es importante para el logro de la visión y misión de la empresa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La comunicación con mi supervisor(a) (jefe inmediato) es oportuna.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

COMENTARIOS

Figura 3. Página que muestra el diseño del contenido de la encuesta.

Cuando la encuesta ha concluido toda la información es almacenada en una base de datos para que esta se conecte con la aplicación gestora de resultados.

Para poder generar reportes acerca de las encuestas realizadas creamos una aplicación de escritorio llamada SISTEMA ECCO la cual nos permite generar reportes tanto analíticos como gráficos. Los reportes son generados con formato pdf.

Para ello la aplicación cuenta con un módulo de acceso mediante contraseña como se muestra a continuación en la figura 4.



ENCUESTA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL

Logo y nombre de la Empresa

ECCO

ADMINISTRADOR

Contraseña:

CERRAR SESIÓN INICIAR

SALIR

Figura 4. Ventana de inicio para la aplicación de escritorio.

Una vez que se logró acceder al menú principal podemos ver toda la clase de reportes que nos genera la aplicación (Figura 5).



SATISFACCIÓN	PERSONAL SINDICALIZADO	PERSONAL NO SINDICALIZADO
Satisfacción con el puesto	0	0
Satisfacción con el jefe	0	0
Satisfacción con el grupo de trabajo	0	0
Satisfacción con la empresa	0	0
PROCESOS SOCIALES		
Comunicación institucional	0	0

Figura 5. Menú principal de la aplicación de escritorio SISTEMA ECCO

En la figura 5 se muestra la ventana principal que contiene un conjunto de módulos los cuales nos ayudaran a generar los reportes requeridos.

5. CONCLUSIONES

Una vez desarrollado el sistema de encuestas de clima y cultura organizacional será promovido para que sea implementado en las empresas interesadas en realizar la encuesta vía web; para así poder cumplir con el objetivo ya mencionado con anterioridad en este artículo.

6. FUENTES CONSULTADAS

[1] De La Cruz Morales Arturo, "Uso de las TIC's en la Contabilidad" consultado en <http://www.monografias.com/trabajos72/tics-contabilidad/tics-contabilidad.shtml> Enero 2013.

[2] García Ana, "Educación y Tecnología" consultado en <http://web.usal.es/~anagv/arti1.htm> Enero 2013.



SISTEMA EXPERTO MULTIDISCIPLINARIO

Dr. Freddy Francisco Agustin Arguello

Dra. Georgina Bercian Moguel

Universidad Politécnica de Tapachula

correo-e: freddy.agustin@uptapachula.edu.mx, georgina.bercian@gmail.com

Abstract. Los sistemas expertos son indispensables en nuestra vida diaria por que permiten emular la experiencia de una persona. Vale la pena mencionar que un sistema experto consiste fundamentalmente en una base de conocimiento y un motor de inferencia, entre otras características como el razonamiento con incertidumbre, y la explicación de la línea del razonamiento. Este proyecto de investigación es desarrollado en el área de Sistemas Expertos y tiene como fin generar un sistema experto multidisciplinario que se adapte a cualquier ambiente, reciba datos de cualquier base de datos y que permita tomar decisiones.

1. Introducción

Los sistemas expertos son necesarios en los campos de donde el experto no puede estar presente en el área donde se necesiten sus conocimientos, esto genera un problema ya que el experto no puede estar presente en el área de aplicación. Cuando se necesitan soluciones a problemas específicos y no se cuenta con un experto, la solución es un sistema experto que emule los conocimientos del experto y de soluciones a los problemas del área de estudio.

El conocimiento es casi siempre incompleto e incierto. Para tratar el conocimiento incierto, una regla puede tener asociado a ella un factor de confianza o un peso. El conjunto de métodos para usar el conocimiento incierto conjuntamente con datos inciertos en el proceso del razonamiento se llama razonamiento con incertidumbre. Una subclase importante de los métodos por razonar con incertidumbre se llama " lógica difusa (fuzzy logic)," y los sistemas que los utilizan se conocen como " sistemas difusos.

Por lo tanto decimos que el componente más importante de cualquier sistema experto es la alta calidad específica del conocimiento acerca del dominio de la tarea.

2. Marco teórico

Red Bayesiana

Una Red Bayesiana consta de dos componentes. El primero de ellos, más cualitativo, está representado por un grafo acíclico dirigido $G=(V,E)$ donde los nodos (el conjunto finito V) son variables aleatorias del problema, y los arcos ($E \subseteq V \times V$) indican relaciones entre variables.

El segundo de ellos, cuantitativo, se trata de un conjunto de distribuciones de probabilidad condicionadas (una por nodo) donde la distribución en cada nodo está condicionada al posible valor de cada uno de los padres. Son utilizadas para proveer una forma compacta de representar el conocimiento y métodos flexibles de razonamiento.

El obtener una red bayesiana a partir de datos es un proceso de aprendizaje que se divide en dos etapas: el aprendizaje estructural y el aprendizaje paramétrico.

En definitiva, es un modelo probabilístico multivariado que relaciona un conjunto de variables aleatorias mediante un grafo dirigido, el cual indica explícitamente influencia causal. Gracias a su motor de actualización de probabilidades, el Teorema de Bayes, las redes bayesianas son una herramienta extremadamente útil en la estimación de probabilidades ante nuevas evidencias.



Teorema de Bayes

Sea A_1, A_2, \dots, A_n un conjunto de sucesos incompatibles cuya unión es total y tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero. Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B/A_i)$, entonces la probabilidad $P(A_i/B)$.

$P(A_i)$ son las probabilidades a priori.

$P(B / A_i)$ es la probabilidad de B en la hipótesis A_i .

$P(A_i / B)$ son las probabilidades a posteriori.

Esto se cumple $\forall i=1..n$

En la teoría de la probabilidad el teorema de Bayes es un resultado enunciado por Thomas Bayes en 1763 que expresa la probabilidad condicional de un evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A .

En términos más generales y menos matemáticos, el teorema de Bayes es de enorme relevancia puesto que vincula la probabilidad de A dado B con la probabilidad de B dado A . Es decir que sabiendo la probabilidad de tener un dolor de cabeza dado que se tiene gripe, se podría saber -si se tiene algún dato más, la probabilidad de tener gripe si se tiene un dolor de cabeza, muestra este sencillo ejemplo la alta relevancia del teorema en cuestión para la ciencia en todas sus ramas, puesto que tiene vinculación íntima con la comprensión de la probabilidad de aspectos causales dados los efectos observados.

Aplicaciones

El teorema de Bayes es válido en todas las aplicaciones de la teoría de la probabilidad. Sin embargo, hay una controversia sobre el tipo de probabilidades que emplea.

En esencia, los seguidores de la estadística tradicional sólo admiten probabilidades basadas en experimentos repetibles y que tengan una confirmación empírica mientras que los llamados estadísticos bayesianos permiten probabilidades subjetivas.

El teorema puede servir entonces para indicar cómo debemos modificar nuestras probabilidades subjetivas cuando recibimos información adicional de un experimento.

La estadística bayesiana está demostrando su utilidad en ciertas estimaciones basadas en el conocimiento subjetivo a priori y el hecho de permitir revisar esas estimaciones en función de la evidencia empírica es lo que está abriendo nuevas formas de hacer conocimiento.

Una aplicación de esto son los clasificadores bayesianos que son frecuentemente usados en implementaciones de filtros de correo basura o spam, que se adaptan con el uso.

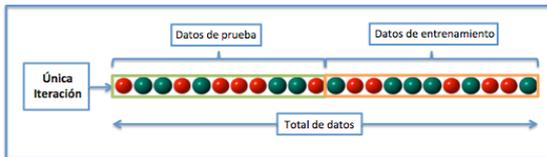
Validación Cruzada

La **validación cruzada** o **cross-validation** es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis estadístico y garantizar que son independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. Consiste en repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medidas de evaluación sobre diferentes particiones. Se utiliza en entornos donde el objetivo principal es la predicción y se quiere estimar cómo de preciso es un modelo que se llevará a cabo a la práctica. Es una técnica muy utilizada en proyectos de inteligencia artificial para validar modelos generados.

La validación cruzada proviene de la mejora del método de retención o holdout method. Este consiste en dividir en dos conjuntos complementarios los datos de muestra, realizar el análisis de un subconjunto (denominado datos de entrenamiento o training set), y validar el análisis en



el otro subconjunto (denominado datos de prueba o test set), de forma que la función de aproximación sólo se ajusta con el conjunto de datos de entrenamiento y a partir de aquí calcula los valores de salida para el conjunto de datos de prueba (valores que no ha analizado antes). La ventaja de este método es que es muy rápido a la hora de computar. Sin embargo, este método no es demasiado preciso debido a la variación del resultado obtenido para diferentes datos de entrenamiento. La evaluación puede depender en gran medida de cómo se divide entre datos de entrenamiento y de prueba, y por lo tanto puede ser significativamente diferente en función de cómo se realice la validación cruzada de K iteraciones.



En la validación cruzada de K iteraciones o K-foldcross-validation los datos de muestra se dividen en K subconjuntos. Uno de los subconjuntos se utiliza como datos de prueba y el resto (K-1) como datos de entrenamiento. El proceso de validación cruzada es repetido durante k iteraciones, con cada uno de los posibles subconjuntos de datos de prueba. Finalmente se realiza la media aritmética de los resultados de cada iteración para obtener un único resultado.

3. Trabajos Relacionados

La máquina del UCI Repository de aprendizaje ofrece una colección de bases de datos, teorías de dominio, y los generadores de datos que son utilizados por la comunidad de aprendizaje para el análisis empírico de los algoritmos de aprendizaje automático, en ella se encuentran diferentes conjuntos de datos que permiten realizar pruebas de aprendizajes, basados en esta colección se hicieron las pruebas pertinentes en el sistema experto tomando como datos de prueba la base de datos de Iris, Cáncer de mama y Golf.

4. Desarrollo

El sistema experto multidisciplinario lo desarrollamos el lenguaje de programación Visual Fox Pro y una base de datos en Mysql. Es un sistema multidisciplinario por que permite generar resultados a partir de cargar cualquier base de datos con sus respectivos atributos y la clase a determinar basado en el teorema de bayes.

El siguiente código permite crear la estructura de la base de datos de acuerdo a la cantidad de atributos y nombres definidos para realizar la importación:

```
IF thisform.atributos.Value = 2 then
  sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 3 then
  sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 4 then
  sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30) );"
endif
```



```
IF thisform.atributos.Value = 5 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 6 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo6.Value)+
varchar(30) );"
endif
```

```
IF thisform.atributos.Value = 7 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo6.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo7.Value)+ " varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 8 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo6.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo7.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo8.Value)+ " varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 9 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo6.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo7.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo8.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo9.Value)+
varchar(30) );"
ENDIF
```

```
IF thisform.atributos.Value = 10 then
    sql_query2 = "create table datos2("+ALLTRIM(thisform.campo1.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo2.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo3.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo4.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo5.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo6.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo7.Value)+ " varchar(30),
"+ALLTRIM(thisform.campo8.Value)+ " varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo9.Value)+
varchar(30), "+ALLTRIM(thisform.campo10.Value)+ " varchar(30) );"
ENDIF
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,sql_query2,"datosg3")
IF estatus = -1
    MESSAGEBOX("Error En La Conexion tabla",48,"Error")
    RETURN
ELSE
    MESSAGEBOX("Estructura de Base de Datos creada con éxito",32+0,"Estructura")
```



ENDIF

El siguiente código permite la importación de la base de datos a Mysql:

```
sql_query2 = "LOAD DATA LOCAL INFILE 'c:/sistemaexperto/archivo.data' INTO TABLE
datos2 FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' + ALLTRIM(thisform.campoc.Value) + "
LINES TERMINATED BY '\n';"
```

El nombre archivo contiene los datos a importar de acuerdo al caso de aplicación.

El siguiente código nos permite generar las probabilidades aplicando de manera dinámica el teorema de Bayes:

*Contar elementos

```
SELECT COUNT(*) as elementost FROM datosg INTO CURSOR celementos
thisform.elementos.value=celementos.elementost
```

PUBLIC aelemento

aelemento=0

aelemento=celementos.elementost

*Valor resultado 1

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as vr1t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr1+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cvr1t")
```

```
thisform.vr1.value=cvr1t.vr1t
```

PUBLIC avr1

avr1=0

avr1=cvr1t.vr1t

*Valor resultado 2

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as vr2t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr2+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cvr2t")
```

```
thisform.vr2.value=cvr2t.vr2t
```

PUBLIC avr2

avr2=0

avr2=cvr2t.vr2t

*Valor resultado 3

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as vr3t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr3+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cvr3t")
```

```
thisform.vr3.value=cvr3t.vr3t
```

PUBLIC avr3

avr3=0

avr3=cvr3t.vr3t

*Valor resultado 4

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as vr4t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr4+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cvr4t")
```

```
thisform.vr4.value=cvr4t.vr4t
```

PUBLIC avr4

avr4=0



```
avr4=cvr4t.vr4t
```

```
*Valor resultado 5
```

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as vr5t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr5+" ; "  
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cvr5t")
```

```
thisform.vr5.value=cvr5t.vr5t
```

```
PUBLIC avr5
```

```
avr5=0
```

```
avr5=cvr5t.vr5t
```

```
*Priori resultado1
```

```
PUBLIC apr1
```

```
apr1=0
```

```
apr1=VAL(avr1)/celementos.elementost
```

```
thisform.pr1.value=val(avr1)/celementos.elementost
```

```
PUBLIC apr2
```

```
apr2=0
```

```
apr2=VAL(avr2)/aelemento
```

```
thisform.pr2.value=val(avr2)/celementos.elementost
```

```
PUBLIC apr3
```

```
apr3=0
```

```
apr3=VAL(avr3)/aelemento
```

```
thisform.pr3.value=val(avr3)/celementos.elementost
```

```
PUBLIC apr4
```

```
apr4=0
```

```
apr4=VAL(avr4)/aelemento
```

```
thisform.pr4.value=val(avr4)/celementos.elementost
```

```
PUBLIC apr5
```

```
apr5=0
```

```
apr5=VAL(avr5)/aelemento
```

```
* Obtener valores del campo1 o atributo1
```

```
mysql_query = "select DISTINCT "+nc1+" as atributo1 from datos2"
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"va1")
```

```
* Calcular probabilidad por resultados de valores ingresados
```

```
*Calcular  $P(\text{Atributo1} | \text{Resultado1})$ 
```

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r1t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr1+" AND  
"+nc1+" = "+alltrim(thisform.valor1.Value)+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr1t")
```

```
IF estatus = -1
```

```
    MESSAGEBOX("Error En La Conexion",48,"Error")
```

```
    RETURN
```

```
ENDIF
```

```
LOCAL pat1r1
```

```
pat1r1=0
```

```
pat1r1=cr1t.r1t
```



thisform.jnas.value=cr1t.r1t

* Probabilidad de P(Atributo1 | Resultado1)

PUBLIC tpat1r1

tpat1r1=0

tpat1r1=VAL(pat1r1)/VAL(avr1)

*-----

*Calcular P(Atributo1 | Resultado2)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r2t FROM datos2 WHERE "+re+ " = "+vr2+ " AND
"+nc1+ " = "+alltrim(thisform.valor1.Value)+ " ; "
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr2t")
```

LOCAL pat1r2

pat1r2=0

pat1r2=cr2t.r2t

* Probabilidad de P(Atributo1 | Resultado2)

PUBLIC tpat1r2

tpat1r2=0

tpat1r2=VAL(pat1r2)/VAL(avr2)

*Calcular P(Atributo1 | Resultado3)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r3t FROM datos2 WHERE "+re+ " = "+vr3+ " AND
"+nc1+ " = "+alltrim(thisform.valor1.Value)+ " ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr3t")
```

LOCAL pat1r3

pat1r3=0

pat1r3=cr3t.r3t

* Probabilidad de P(Atributo1 | Resultado2)

PUBLIC tpat1r3

tpat1r3=0

tpat1r3=VAL(pat1r3)/VAL(avr3)

*Calcular P(Atributo2 | Resultado1)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r1t FROM datos2 WHERE "+re+ " = "+vr1+ " AND
"+nc2+ " = "+alltrim(thisform.valor2.Value)+ " ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr1t")
```

LOCAL pat2r1

pat2r1=0

pat2r1=cr1t.r1t

*? pat2r1

* Probabilidad de P(Atributo2 | Resultado1)



```
PUBLIC tpat2r1
tpat2r1=0
tpat2r1=VAL(pat2r1)/VAL(avr1)
```

*Calcular P(Atributo2 | Resultado2)

```
sql_query = "SELECT COUNT(*) as r2t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr2+" AND "+nc2+"
= "+alltrim(thisform.valor2.Value)+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr2t")
LOCAL pat2r2
pat2r2=0
pat2r2=cr2t.r2t
```

* Probabilidad de P(Atributo2 | Resultado2)

```
PUBLIC tpat2r2
tpat2r2=0
tpat2r2=VAL(pat2r2)/VAL(avr2)
```

*Calcular P(Atributo2 | Resultado3)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r3t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr3+" AND
"+nc2+" = "+alltrim(thisform.valor2.Value)+" ; "
```

```
LOCAL pat2r3
pat2r3=0
pat2r3=cr3t.r3t
```

* Probabilidad de P(Atributo2 | Resultado2)

```
PUBLIC tpat2r3
tpat2r3=0
tpat2r3=VAL(pat2r3)/VAL(avr3)
```

*Calcular P(Atributo3 | Resultado1)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r1t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr1+" AND
"+nc3+" = "+alltrim(thisform.valor3.Value)+" ; "
```

```
LOCAL pat3r1
pat3r1=0
pat3r1=cr1t.r1t
```

* Probabilidad de P(Atributo3 | Resultado1)

```
PUBLIC tpat2r1
tpat3r1=0
tpat3r1=VAL(pat3r1)/VAL(avr1)
```

*Calcular P(Atributo3 | Resultado2)

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r2t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr2+" AND
"+nc3+" = "+alltrim(thisform.valor3.Value)+" ; "
```

```
LOCAL pat3r2
pat3r2=0
```



```
pat3r2=cr2t.r2t
```

```
* Probabilidad de P(Atributo3 | Resultado2)
```

```
PUBLIC tpat3r2  
tpat3r2=0  
tpat3r2=VAL(pat3r2)/VAL(avr2)
```

```
*Calcular P(Atributo3 | Resultado3)
```

```
mysql_query = "SELECT COUNT(*) as r3t FROM datos2 WHERE "+re+" = "+vr3+" AND  
"+nc3+" = "+alltrim(thisform.valor3.Value)+" ; "
```

```
estatus = SQLEXEC(getConexion,mysql_query,"cr3t")
```

```
LOCAL pat3r3  
pat3r3=0
```

```
pat3r3=cr3t.r3t
```

```
* Probabilidad de P(Atributo3 | Resultado2)
```

```
PUBLIC tpat3r3  
tpat3r3=0  
  
tpat3r3=VAL(pat3r3)/VAL(avr3)
```

```
*-----
```

```
*Hacer cálculo de probabilidades
```

```
PUBLIC tpr1,tpr2,tpr3,tpr4,tpr5
```

```
tpr1=0  
tpr2=0  
tpr3=0  
tpr4=0  
tpr5=0
```

```
tpr1=apr1*tpat1r1*tpat2r1*tpat3r1  
tpr2=apr2*tpat1r2*tpat2r2*tpat3r2  
tpr3=apr3*tpat1r3*tpat2r3*tpat3r3
```

```
thisform.text11.Value=tpr1  
thisform.text12.Value=tpr2  
thisform.text13.Value=tpr3
```

```
IF tpr1 > tpr2 THEN  
  IF tpr1 > tpr3 THEN  
    thisform.text14.Value=vr1  
  ENDIF  
ELSE  
  IF tpr2 > tpr3 THEN  
    thisform.text14.Value=vr2  
  ELSE
```



```

thisform.text14.Value=vr3
ENDIF
ENDIF

```

La primera etapa realizada es la prueba de datos en base a los registros obtenidos en la UCI Repository of Machine Learning Databases que nos permita generar probabilidades. La segunda etapa que realizamos son las pruebas en la aplicación desarrollada con el 90% de datos de entrenamiento, que en base a los atributos ingresados nos permita evaluar el resultado. La siguiente pantalla muestra el entorno de prueba y desarrollo del sistema experto en Visual Fox Pro.

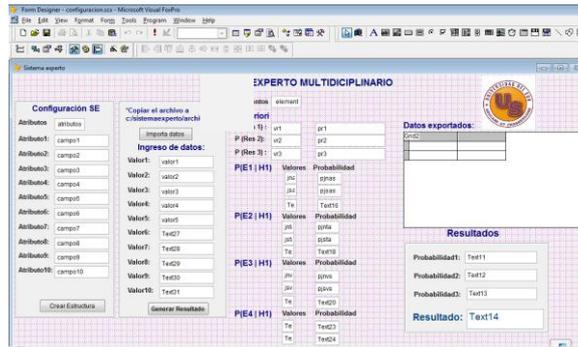


Fig. Entorno de desarrollo

Esta pantalla muestra la forma en que se realiza la estructura de la base de datos donde se ingresa la cantidad de atributos y los nombres de los atributos a almacenar.



Fig. Estructura de la base de datos

La siguiente pantalla presenta la forma en que se realizamos la importación de la base de datos contenida en la carpeta de sistemas expertos llamada archivo con formato .data.

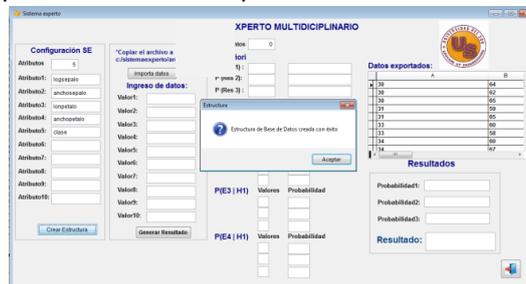


Fig. Importación de la base de datos

Cuando se importan los datos con éxito, podemos ver los registros con el contenido de cada uno de los atributos en la base de datos en Mysql.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



	logsepalo	anchosepalo	lonpetalo	anchopetalo	clase
<input type="checkbox"/>	5.1	3.5	1.4	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.9	3.0	1.4	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.7	3.2	1.3	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.6	3.1	1.5	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.0	3.6	1.4	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.4	3.9	1.7	0.4	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.6	3.4	1.4	0.3	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.0	3.4	1.5	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.4	2.9	1.4	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.9	3.1	1.5	0.1	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.4	3.7	1.5	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.8	3.4	1.6	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.8	3.0	1.4	0.1	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	4.3	3.0	1.1	0.1	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.8	4.0	1.2	0.2	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.7	4.4	1.5	0.4	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.4	3.9	1.3	0.4	Iris-setosa
<input type="checkbox"/>	5.1	3.5	1.4	0.3	Iris-setosa

Fig. Base de datos en Mysql

En la siguiente pantalla muestra los datos importados de la base de datos de iris.

Fig. Datos importados

En este proyecto la parte importante es cuando ingresamos los valores que le corresponden a los atributos y verificamos que el sistema experto multidisciplinario genera el resultado específico. En este caso determino que es una **iris-setosa**.

Fig. Ingresamos los valores al SE

Realizamos otro ingreso de valores y nos genera el resultado **iris-virginica**, comprobamos con los datos probabilísticos y determinamos la exactitud del resultado.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

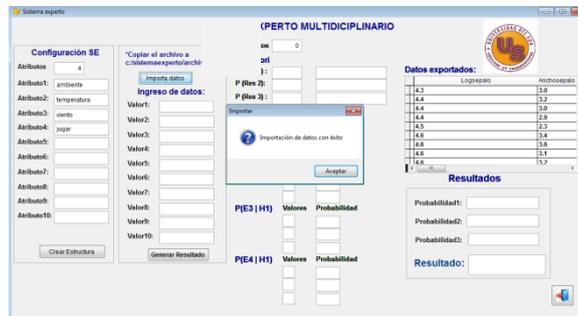
ISSN: 1665-0271



Fig. Ingreso de valores al SE

Pruebas en el sistema multidisciplinario

Como el sistema experto es multidisciplinario generamos una estructura de 4 atributos y sus nombres correspondientes e importamos los datos para el caso para determinar si juegas o no golf.



Podemos ver los registro con el contenido de cada uno de los atributos en la base de datos de golf en Mysql.



Fig. Base de datos de golf

Se ingresan los valores de ambiente = S, temperatura= A, viento = S y presionamos generar resultado obteniendo una N como resultado que significa que no puedes salir a jugar.

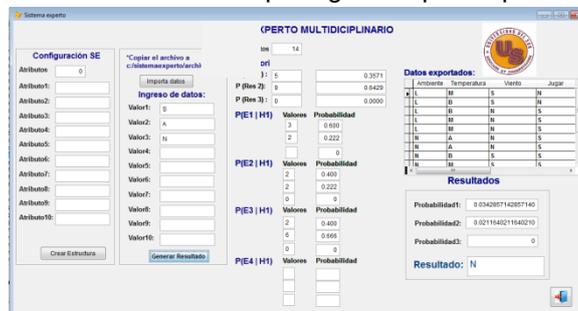


Fig. Ingresado valores para determinar si jugar o no Golf.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Probamos de nuevo el sistema experto con otros datos de ambiente = L, temperatura= B, viento = S y presionamos generar resultado obteniendo una S como resultado que significa que si puedes salir a jugar.



Fig. Ingresando valores para determinar si jugar o no Golf.

Como última etapa realizamos las pruebas completas con el otro 10% de datos en la base de datos para evaluar los resultados, satisfaciendo el resultado con los esperados.

Tabla de confusión:

y/z	Iris- setosa	Iris- versicolor	Iris- virginica
Iris- setosa	10		
Iris- versicolor		10	
Iris- virginica			10

Como podemos observar de todos los casos y de resultados esperados cotejamos que corresponden a los resultados esperados, plasmados la tabla de confusión. Análisis de resultados

5. Análisis de resultados

En el desarrollo del sistema experto nos enfrentamos al uso de la metodología del Teorema de Bayes en cual nos permitió generar un resultado en base a la probabilidad de los atributos dados.

Dentro de los inconvenientes de desarrollo para una situación específica y con pocos atributos, el grado de complejidad es menor y desarrollarlo para múltiples atributos aumenta el grado de complejidad.

Es importante mencionar que el resultado no depende exclusivamente de una solución sistematizada sino de la interpretación de los resultados generados en el sistema experto.

La finalidad de este Sistema Experto es poder determinar en base a los atributos ingresados un resultado y poder ejecutar una acción o tomar una decisión o generar posibles alternativas.

Aportar soluciones a un caso específico con la intención de apoyar ciertas aéreas donde se requiere un experto y que por alguna razón es necesario sustituirlo, con el mayor grado de seguridad y calidad en los resultados

3 Conclusiones

Este tipo de sistemas proporcionan la capacidad de trabajar con grandes cantidades de información de diferente tipo, la rapidez de procesamiento, además de analizar toda la información incluyendo las no útiles y de esta manera aportar una decisión más sólida.



Con la utilización del teorema de Bayes, se tuvo la certeza para generar resultados deseados ya que se trabajó con un procedimiento elegante, simple y racional para responder al problema teniendo en cuenta toda la información previa. Se calcularon directamente las probabilidades de las hipótesis, toda la información relevante previa se incorporó a través del priori y esto aumentó mucho la potencia del método.

Referencias

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monografias/pignani-sistemasexpertos.pdf

<http://archive.ics.uci.edu/ml/>

<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Bayes/tema1bayes.pdf>

[1] P. G. Hoel, S. C. Port, and C. J. Stone. Introduction to Probability Theory. Houghton Mifflin Company, Boston, 1971.



TECNÓFILA VS TECNOFOBIA: INICIO DE ESTUDIO EN LAS MIPYMES

Dra. Beatriz Herrera Sánchez, Dr. Ricardo Armando Barrera Cámara, Dra. Judith del Carmen Santiago Pérez, MC. Fernando Sánchez Martínez.

Universidad Autónoma del Carmen

bherrer@pampano.unacar.mx, rbarrera@pampano.unacar.mx
jsantiago@pampano.unacar.mx, fsanchez@pampano.unacar.mx

RESUMEN

Nos encontramos en una era de cambio tecnológico que genera beneficio, pero también puede generar problemas, el presente trabajo tiene como propósito mostrar las tendencias que tiene el uso excesivo de la tecnología, el miedo a usar la tecnología y la propuesta de estudio para conocer el impacto de la tecnofobia en las MIPYMES; con la finalidad de colaborar con las microempresas en el área tecnológica, mediante estudios que permitan identificar las necesidades de los trabajadores, mismas impactan en el crecimiento de las microempresas. Este proyecto lleva consigo conocer el índice de la tecnofobia (miedo a la tecnología) en las micro, pequeña y mediana empresas y en base a resultados proponer alternativas para fomentar el buen uso de la tecnología en las actividades permitiendo la mejora continua de los trabajadores y mantener activa a la microempresa buscando ser de calidad y competitiva y de impacto social.

ABSTRACT

We are in an era of technological change that generates profit, but it can also cause problems, this paper aims to show trends that have excessive use of technology, fear of using technology and the proposal to know the technophobia impact on las MIPYMES, in order to assist microenterprises in technology through studies to identify the needs of the workers themselves that impact the growth of micro. This project entails knowing the rate of technophobia (fear of technology) in the micro, small and medium enterprises and based on results, propose alternatives to promote the proper use of technology in enabling continuous improvement activities of workers and keep looking actively for microenterprise be competitive, quality and social impact.

1. INTRODUCCION

Cuando hablamos de tecnofilia y tecnofobia, entramos en un dilema, porque estamos inmersos en una sociedad global en la cual las nuevas tecnologías nos enfrentan a retos pero también a contradicciones, y esto depende de las perspectivas e ideologías de cada persona y de una mente abierta. La tecnofobia y la tecnofilia son posiciones que están completamente en contravía, donde la tecnofobia es el rechazo total a la tecnología, y la tecnofilia es todo lo contrario, no se le teme a la tecnología, se tiene una mente abierta a las herramientas tecnológicas, a la globalización del mundo en todos sus aspectos, esta nos enfrenta a cambios en las sociedades y en la economía mundial.

A nivel economía son las MIPYMES quienes tienen mayor contribución en la economía en México, estas se encuentran en constante cambio. Muchas desafían el riesgo de la innovación simultánea. La resistencia al cambio es natural. Existen diversos obstáculos que impiden el desarrollo de las MIPYMES en relación con la tecnología, entre los que destacan el miedo a la tecnología, para poder apoyar a las MIPYMES es necesario conocer el impacto que tiene la tecnofobia en las microempresas.



2. LA TECNOFOBIA

2.1. Concepto.

La tecnofobia es el rechazo a lo tecnológico como miedo irracional al que se justifica por la dependencia que genera desde el punto de vista físico o emocional. La brecha digital o analfabetismo tecnológico crece. “Mientras la tecnología sube por el ascensor el hombre asciende por escalera”. [1]

La tecnofobia se define como la carencia de habilidades, aptitudes y gusto por hacer uso de la tecnología, dificultad para adaptarse a innovaciones tecnológicas y carencia de deseo por hacerlo. Empresarialmente esto está caracterizado como la [resistencia al cambio](#) y fastidio por las cosas nuevas que aparecen.

También se define como un persistente, anormal e injustificado miedo a la tecnología, no necesariamente se trata de un miedo irracional, la tecnofobia se refiere principalmente al rechazo a las nuevas tecnologías, generalmente está justificado y no necesita ser curado como con las fobias en general.

2.2. Marco Histórico

Desde la aparición de las primeras herramientas mecánicas de gran tamaño y eficiencia en cierta medida superior a la humana, el hombre ha tenido miedo a que la tecnología lo reemplace y aun peor lo destruya, un ejemplo de esto son los luditas del siglo XIX que veían en las máquinas el fin de su forma de existencia, y en la actualidad los tecnófobos, enemigos de la cibernética, la robótica, Internet, los organismos genéticamente modificados y la clonación, que predicen su rabia y desconfianza apuntando a la supuesta insalubridad de las nuevas tecnologías.

La historia de la tecnofobia es tan larga como la de la ciencia y la tecnología. Cada vez que una época se distingue por sus adelantos técnicos, por saltos cualitativos, también se distingue por la agudización, y hasta por el refinamiento de sus tecnófobos. Los enemigos de la cibernética, la robótica, Internet y otras comunicaciones de punta, los organismos genéticamente modificados o la clonación constituyen sólo el penúltimo capítulo de una historia que no terminará. Sergio Di Nucci

Los luditas ingleses de principios del siglo XIX Estaban en contra de la industria y en especial la producción en masa y el uso de las herramientas de gran tamaño que dejaban sin trabajo a cientos de personas, estos se infiltraban en las fabricas para destruirlas argumentando que el trabajo artesanal era mejor que la producción en masa ya que le daba individualidad y “alma” al producto. Otro de los motivos, el más poderoso, de la vertiente más importante de la tecnofobia es la resistencia de personas, grupos o clases que ven desaparecer las bases económicas de su existencia social, un ejemplo de esto fue una resistencia organizada de obreros en la década de los 70 en Europa y Norteamérica, posteriormente esta revolución fue apoyada por los campesinos que vieron en las tecnologías de la explotación rural modos de abaratar los costos siendo una amenaza potencial. Además otros grupos e personas como políticos con intereses “ocultos” y la misma iglesia católica fomentan la tecnofobia en cierta medida al argumentar que la tecnología llevara al fin de la raza humana.



Los luditas del nuevo orden mundial; En Estados Unidos, la mayor parte de la tecnofobia proviene de un discurso anarquista, anti Estado creen que con el avance de las tecnología avanzan los mecanismos de control, donde la tecnología no es otra cosa que el motor de la carrera armamentista en la batalla global, librada por todos los medios de comunicación, además están en contra del FBI porque según ellos “violan el derecho a la privacidad”. También son los enemigos del aborto y de la investigación científica con embriones y células madre porque para ellos, todo esperma es sagrado

En la actualidad existen sociedades tecnofóbicas, como por ejemplo los amish en EEUU, quienes intentan vivir con tecnologías antiguas y rechazando los cambios. Generalmente, los tecnofóbicos rechazan las tecnologías modernas, y suelen justificar su manera de actuar y de pensar diciendo que la dependencia de las tecnologías modernas puede ser perjudicial para las personas, tanto desde el punto de vista emocional como también el físico. La existencia de la tecnofobia es un factor para que existan analfabetos tecnológicos (personas incapaces de manejar un ordenador o un cajero automático).

La tecnofobia ha sido representada en diversas obras de ficción o cultura popular. Un ejemplo clásico es la novela de Mary Shelley, Frankenstein, que se ha convertido en todo un ícono de la cultura popular incluso entre aquellos que nunca han leído la novela. Dentro del cine, películas como Blade Runner, Terminator y sus secuelas, Yo Robot y la trilogía Matriz, ilustran perfectamente este concepto. El antónimo de la tecnofobia es la tecnofilia, es decir, el gusto por las nuevas tecnologías.

2.3. Causas

Las causas principales de la resistencia al cambio con respecto a la tecnología suelen ser época y condición social, por lo que no es raro escuchar en las personas que superan los 50 años "Esas cosas no existían en mi época" o el típico "Ya estoy muy viejo para eso". Cuando la persona tiene estas ideas de por medio, crea un bloqueo involuntario en el cerebro que hace que sea muy difícil hacer uso de computadoras, celulares y [aparatos tecnológicos](#); lo que logra que simplemente se abstengan de la tecnología.

La falta de preparación, la poca educación en algunos lugares, también crea una tendencia a la no tecnología, que hace que incluso siendo personas jóvenes, tengan dificultades con la misma.

2.4. Síntomas

No todas las personas mayores o con bajo nivel de preparación son renuentes a usar la tecnología. Existen algunos síntomas, que podrían resultar muy familiares.

- Ausencia de tecnología en el lugar donde habita
- Extremadamente bajo interés por aprender
- Incapacidad para entender o memorizar algo tecnológico
- Poco interés en las novedades tecnológicas
- Rehusarse a utilizar celulares o no saber usarlos
- Desconocimiento parcial o total de la tecnología
- Pensamientos de que la tecnología no es para sí



2.5. Consecuencias

Existen consecuencias sociales, que en personas mayores no son tan relevantes; pero en caso de personas jóvenes sí podría tener repercusiones.

Actualmente el mundo de las [redes sociales](#), el correo electrónico, las compras en línea y el uso de Internet para todo pueden afectar a una persona en su vida social, tanto como en la vida laboral.

Ahora un requisito implícito para la contratación de personal en las empresas es el conocimiento intermedio de computación como mínimo y de no saber, pues es muy probable que la persona quede a un lado al igual que los métodos tradicionales.

El no saber usar medios tecnológicos para transacciones y trámites, hace que se pierda tiempo valioso, que haciendo uso de la tecnología podría sobrar.

2.6. Características

- Le da al hombre un miedo, una sensación de desconfianza y rechazo hacia la tecnología más moderna.
- Cierra las puertas hacia muchas oportunidades que nos facilitarían el día a día.
- Te mantiene más en contacto natural con todo lo que te rodea.
- Se conservan viejas costumbres al momento de hacer casi cualquier cosa.
- En cierto modo hace a las personas más independientes, no estén en la obligación de saber usar la tecnología para poder realizar algo.

3. LA TECNOFILIA

3.1. Concepto

La tecnófila viene de "Tecno" referencia a tecnología y "filia" a simpatía o afición. La tecnófila es la pasión exagerada por la tecnología. Hay distintos grados de tecnófila que, en el extremo, pueden convertirse en adicción. Los tecnofílicos más obsesivos suelen comprar las últimas versiones de los nuevos productos a precios exorbitantes. Actualmente la tecnófila crece también por la gran dependencia que genera la tecnología.

La tecnofilia es todo lo contrario a la tecnofobia, es decir es una adicción, atracción o dependencia excesiva de la tecnología, las personas con este problema se denominan tecnófilos. "Los mayores tecnófilos suelen comprar las últimas versiones de los nuevos dispositivos electrónicos apenas salen al mercado a precios exorbitantes, actualmente la gran mayoría de las personas tienen algún grado de tecnofilia por la gran dependencia que la sociedad ha generado hacia la tecnología". La tecnofilia en la actualidad se destaca mucho en las personas jóvenes sobre todo en la dependencia a los videos juegos, las relaciones vía internet, la pornografía y la incapacidad para utilizar medios de investigación distintos al internet.

3.2. Marco histórico

Esta nueva clase de adicciones y adictos surgió a finales del siglo pasado con una característica especial, su dependencia no es como el uso de drogas, al alcohol, al tabaco o alguna otra sustancia de las llamadas ilegales, sino más bien se refiere a actividades y



comportamientos cotidianos que absorben mucho del tiempo, energía y pensamiento del joven, hasta convertirse en verdaderas adicciones que impiden llevar una vida normal.

Las nuevas tecnologías han dado origen a un tipo de adicción. Los chats de Internet, la telefonía móvil o los videojuegos (tecnofilia), están provocando numerosos casos de dependencia entre los adolescentes en situación de riesgo, mismo que encuentran en estas herramientas un refugio que les aleja de sus problemas emocionales o familiares.

Estas, han pasado a formar parte de las denominadas adicciones psicológicas o adicciones sin drogas. La adicción -en términos médicos- es la dependencia psicofisiológica habitual a una sustancia o práctica, que escapa del control de la voluntad.

Pero las nuevas tecnologías no generan por sí mismas la adicción: sino que son las personas con determinados problemas previos, las que más recurren a ellas y hacen un uso indebido de las mismas. “Debemos reflexionar sobre su valor educativo y sobre los efectos negativos que tienen en los jóvenes que están en situaciones de riesgo. Bajo el comportamiento adictivo normalmente subyacen problemas más profundos a los que hay que dar respuesta”, indica Bartomeu Catalá, presidente de la Asociación de Proyecto Hombre.

Los jóvenes que se encuentran en situación de mayor riesgo son aquellos que han crecido en un ambiente familiar poco propicio para su desarrollo, ya sea una familia disfuncional o cuando los padres les prestan poca atención, pero que el resultado en ambos casos sea una baja autoestima en el adolescente por lo que tienden a huir de un mundo adulto que les resulta hostil refugiándose en las nuevas tecnologías

3.3. Características

- Puede producir un alto grado de obsesión en sus espectadores.
- Es una afición que cada día va aumentando más y más llegando al punto en el cual no se pueda vivir sin la tecnología
- Brinda nuevas soluciones, mayores oportunidades y beneficios.
- En el caso de internet: Convierte a la gente en cyborgs encerrados en sí mismos y en su habitación que no se relacionan con otros seres humanos, siempre mirando a una pantalla, sin salir a la calle.
- Produce grandes cambios modificando algo ya existente o creando algo completamente nuevo.
- Puede volver obsoleto al hombre en distintas exigencias o especialidades.

3.4. Tecnoestrés, enfermedad de la era tecnológica

La tecnoansiedad es el tipo de tecnoestrés más conocido, en donde la persona experimenta altos niveles de activación fisiológica no placentera, y siente tensión y malestar por el uso presente o futuro de algún tipo de tecnología. La misma ansiedad lleva a tener actitudes escépticas respecto al uso de tecnologías, a la vez que pensamientos negativos sobre la propia capacidad y competencia con las mismas.

Tener lo último en tecnología se ha convertido en problema u obsesión para una buena parte de personas, quienes sienten angustia por tratar de obtener mejor desempeño laboral o un sentimiento de pertenencia por medio de los mismos. La obsesión se presenta cuando una idea, preocupación o deseo no se puede quitar de la mente y que su satisfacción es de carácter compulsivo.



El estrés es uno de los problemas a los que más se enfrentan las personas hoy en día, y no sólo por la cantidad de trabajo y tareas a realizar, sino también por la adaptación que deben de tener a las nuevas tecnologías. Las personas que están más propensas a padecer este estrés tecnológico son las de 40 años en adelante, ya que este grupo de personas no nació y creció con estas herramientas y le es más difícil aprender a usarlos.

Este fenómeno no sucede solamente dentro de la oficina, pues gracias a la creación y evolución de los aparatos móviles las personas están obligadas a tener un rendimiento continuo, lo que les impide relajarse y distanciarse de los conflictos o tareas laborales.

3.5. Consecuencias

Las nuevas tecnologías son innovadoras y necesarias para nuestra vida pero pueden generar muchos problemas:

- Abandono de estudios
- Bajo rendimiento laboral/escolar
- No desarrollan habilidades sociales
- No practica otras actividades, deportes, hobby (muy importantes para el desarrollo del niño)
- Exposición a violencia y contenidos no recomendables para la edad
- Dependencia: no sabrá divertirse de otra forma
- Aislamiento social progresivo
- Posible jugador patológico
- La tecnología móvil hace que la oficina se traslade a la casa y se borra el límite entre el trabajo y la vida en familia.

3.6. Tecnofílico

La persona adicta a las tecnologías presenta ciertas características que pueden revelar su padecimiento:

- Ansiedad al intentar suspender el uso de la PC
- Disminución del tiempo destinado para dormir
- Se alteran los horarios de comida (se saltean inclusive)
- Problemas en el trabajo
- Disminución de la comunicación con la familia
- Disminuye el círculo de amistades
- Complicaciones financieras

Su personalidad cambia por completo y presenta ciertos rasgos de vulnerabilidad ante su adicción:

- Rasgos de impulsividad
- Intolerancia a los estímulos displacenteros
- Exagerada búsqueda de sensaciones fuertes
- Falta de objetivos
- Pobreza en las habilidades sociales
- Timidez, soledad o ausencia de autoestima



4. ESTUDIO EN LAS MIPYMES

4.1. Antecedentes

Cuando hablamos de las Tecnologías de Información y comunicación (TIC) se relaciona el término con computadoras. La realidad, es que las computadoras son ahora las herramientas tecnológicas más importantes en el campo de la información y la comunicación. El concepto de TIC incluye otros equipos que realizan funciones diferentes. Entre los equipos modernos están los teléfonos móviles, fax, proyectores de imagen, procesadores de pagos con tarjetas de crédito y agendas electrónicas.

Basado en los resultados del proyecto “Análisis de los factores que influyen a la resistencia al cambio Tecnológico en las MIPYMES de Ciudad del Carmen, Campeche” en donde el factor miedo dio como resultado: 13 de 20 empleados de diferentes microempresas sienten temor al utilizar algún equipo de cómputo [2][3], con esto nace la necesidad de realizar un estudio que permita determinar el comportamiento de las personas que trabajan en las microempresas con respecto a la tecnófila y a la tecnofobia.

4.2. Justificación

Con el desarrollo de este proyecto de investigación se beneficia al Consejo Coordinador Empresarial de Carmen, Proporcionando datos estadísticos sobre el impacto de la tecnofobia, generando con ello estrategias para apoyar a las MIPYMES, proyectándoles una visión amplia de los beneficios que se obtienen con el uso de las TIC, contribuyendo a la calidad de sus actividades, apoyados con Centro de Innovación y Liderazgo, brindando información que les permita buscar estrategias para incrementar los servicios que ofrece a las MIPYMES, a la Universidad permitiendo la vinculación con el entorno empresarial, a los alumnos de Maestría y Licenciatura de la DES enriqueciendo sus conocimientos, habilidades, actitudes y valores, además del desarrollo de tesis. Es importante apoyar a las MIPYMES porque son la columna vertebral de la economía nacional por el impacto en la creación de empleos y la producción nacional, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

El propósito de esta investigación es realizar un estudio para determinar el % del personal de las microempresas que pertenecen al Centro de Innovación y Liderazgo (CIL) y sienten miedo al uso de la Tecnología (tecnofobia), con ello obtendremos resultados cuantitativos que indiquen el impacto de la tecnofobia, y como afecta a la a su actividad empresarial. En base a los resultados obtenidos se aporten estrategias de apoyo en beneficio a las microempresas, contribuyendo a la economía de la región y del país.

4.3. Objetivo General:

Realizar un estudio para obtener datos que muestren los porcentajes de la tecnofobia en las micro, pequeñas y medianas empresas que se encuentran registradas en el CIL (Centro de Innovación y Liderazgo)

4.4. Objetivos Específicos:

- Determinar la población de la muestra
- Obtener datos para el estudio
- Analizar los datos obtenidos para conocer los porcentajes de la tecnofobia



- Presentación Gráfica de los Resultados
- Proponer alternativas o mecanismos de apoyo al CIL

4.5. Metodología (diseño, procedimiento, análisis):

Esta investigación se desarrollara en un proceso formal y sistemático, coordinando el método científico, de análisis y generalización con las fases deductivas, emplea cuidadosamente el procedimiento de muestra; Es una investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación, de cómo un grupo se comporta, trabaja con realidades y características fundamentales, es presentar una interpretación correcta. Se va a utilizar la Metodología Cuantitativa [4], misma que permite examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la estadística. Usa la recolección de datos (cuestionarios) para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, estableciendo patrones de comportamiento y probar teorías, además se utilizará el método deductivo que consiste en obtener conclusiones y determina los hechos más importantes del fenómeno a analizar.

4.5.1. Procedimiento

- Determinar la Muestra
- Reunión informativa acerca de la Tecnofobia con el CIL y con los empresarios
- Posteriormente se utilizarán técnicas de recolección de datos como las entrevistas, cuestionarios y observaciones que permiten obtener información cuantitativa de la muestra.
- Diseñar entrevistas, porque están ligadas directamente con el objeto de estudio con el fin de obtener testimonios orales.
- Diseñar Instrumento cuestionarios para la muestra, el cual constituye una forma concreta de la técnica de observación, logrando que el investigador fije su atención en ciertos aspectos y se sujeten a determinadas condiciones, además permite aislar ciertos problemas que nos interesan; reduce la realidad a ciertos números de datos esenciales y precisa el objeto de estudio.
- Aplicación del Instrumento
- Procesamiento de los Datos en la Herramienta SPSS
- Análisis e interpretación de los resultados
- Presentación gráfica de los resultados (CIL, Investigadores y Alumnos de la DES DACI).
- Publicación de los resultados.

4.5.2. Resultados esperados:

- Investigación aplicada para obtener el % estadísticos de la Tecnofobia (miedo a la tecnología)
- Gráficas de resultados que permitan visualizar el impacto de la tecnofobia
- Tesis El comportamiento de los jóvenes de secundaria, con referencia a las nuevas tecnologías (TIC'S).
- Tesis de Licenciatura: Análisis de los efectos que causa la tecnófila en los adolescentes entre 15 y 18 años en la preparatoria "Campus 2"
- Publicación de los resultados derivados de la investigación.
- Participación en diferentes foros con aportaciones de los resultados de la investigación.



5. CONCLUSIONES

Tanto la obsesiva apropiación de la tecnología como su rechazo de manera terminante son dos tendencias extremas que deben ser evitadas. La tecnología de por sí no tiene moral, ni ética ni decencia. Son los seres humanos quienes deciden su uso, definitivamente la relación del hombre con la tecnología debe ser equilibrada y es su responsabilidad evitar caer en el abuso de las capacidades que ella brinda. No permitir que nuevas formas de entretenimiento y mensajería instantánea construyan una esfera ajena a la realidad. Lo que si debemos hacer es aprovechar sus ventajas prácticas, y restarle importancia a otras cuestiones como la moda o el status. Controlar a la tecnología antes de que ésta controle a las personas. El uso y el abuso de la tecnología dependen de uno mismo.

Es sustancial destacar la importancia de educar a la sociedad para que utilice estas valiosas y útiles herramientas de forma correcta y eficiente en beneficio de la sociedad y de las Microempresas, sin caer en una obsesión que llegue a los límites entre la pasión por la tecnología y la vida personal. Es necesario recordar finalmente que la ciencia y la tecnología, cuando se les da un uso adecuado, permiten crecer, mejorar la calidad de vida y lograr ventajas competitivas para la MIPYMES.



6. BIBLIOGRAFIA

1. Horacio Krell. Director de Ilvem. Secretario de relaciones internacionales de UAF Unión Argentina de Franquicias y Propulsor de UP Unión de Permutas, Ilvem es una entidad educativa cuya misión es el desarrollo de la mente humana en el marco de la teoría de las inteligencias múltiples.
2. Herrera Sanchez Beatriz, Santiago Pérez Judith del Carmen, Réding Dominguez José Gabriel, *Ciencia y Tecnología en Computación e Informática Tomo II Colección Documentos e Investigación*, "Cambio Tecnológico en el Centro de Innovación y Liderazgo: Caso MIPYME'S", Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen Campeche, Páginas 249, año 2011. ISBN 9786077826156
3. Herrera Sanchez Beatriz, Santiago Pérez Judith del Carmen, Barrera Cámara Ricardo Armando, Réding Dominguez José Gabriel, *Avances y perspectivas de Investigación Multidisciplinaria Tomo I* Capitulo II Ciencias sociales, Administrativas y Tecnológicas, Administración Estratégica. "Análisis de 4 factores de la resistencia al cambio tecnológico en las Mipymes", Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, año 2012, ISBN 978-9929-8141-03
4. Barrera Cámara Ricardo Armando, Sánchez Martínez Fernando Enrique, Guillermo C. Víctor, Méndez Zamora Margarita, Herrera Sanchez Beatriz, *Avances y perspectivas de Investigación Multidisciplinaria Tomo I*, Capitulo II Ciencias sociales, Administrativas y Tecnológicas, Tecnologías de la Información y comunicación. "Análisis de 4 factores de la resistencia al cambio tecnológico en las Mipymes", Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, año 2012, ISBN 978-9929-8141-03
5. Ernesto A. Rodríguez Moguel, *Metodología de la Investigación*. editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco quinta edición. No. de páginas 179, año 2005. ISBN 968-5748667
6. http://www.tendencias21.net/tecnohumano/Impacto-de-la-tecnologia-en-la-sociedad_a3.html, consulta 20-02-2013
7. <http://www.ilvem.com/shop/detallenot.asp?notid=3515>, consulta 20-02-2013.
8. http://sabes.edu.mx/redi/3/pdf/SABES_3_4MIGUEL_V1.pdf, consulta 20-02-2013.
9. <http://www.fobias.net/Tecnofobia.html>
10. <http://finaltecnofobia0523.blogspot.mx/>



1.4 DESARROLLO SUSTENTABLE Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

APLICACION MULTIDISCIPLINARIA DE ENERGIA RENOVABLE PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE EN ESCUELAS DE NIVEL SUPERIOR GENERADA POR RECURSOS PROPIOS.

M.C. CARLOS FERNANDO CANCINO NOLASCO, M.C. ESTELA CUENCA ALVAREZ, M.I. TADEO URBINA GAMBOA, M.I. RODOLFO BARRIENTOS MORALES.
INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR DE COATZACOALCOS. (ITESCO).

ccancinon@hotmail.com, cuales@hispavista.com, ugamboat@gmail.com,
rodolfo_barrientos@hotmail.com.

RESUMEN

Debido al potencial que tienen las Escuelas de Nivel Superior y sus recursos, es necesario generar la concientización del cuidado del medio ambiente, es por esto necesario, generar grupos de trabajo multidisciplinarios en donde se involucren los alumnos directamente, en la generación de proyectos relacionados con este fin, no sin antes considerar, las características propias de la ubicación y recursos de cada plantel, evaluando su factibilidad.

Estos trabajos darán beneficios: 1. El instituto, donde se implante el proyecto, dando solución a un área que se encuentra aislada o descuidada, por ejemplo el bajar el consumo de energía eléctrica, o reutilización de aguas residuales; 2. Se beneficia el medio ambiente al disminuir la emisión de gases o productos que lo dañen, 3. Los alumnos toman conciencia del cuidado del medio ambiente, en su formación de vida, 4. Generación de proyectos para concursos y algunos con opción de poder ser financiados por organismos ambientales.

ABSTRACT

Due to the potential of higher-level schools and resources you need to generate awareness of environmental care, this is necessary, generate multidisciplinary working groups where students directly involved in the generation of projects this purpose, but first consider the characteristics of the location and resources of each site, evaluating its feasibility.

This work will benefit: 1. The institute, where the project is implemented, providing a solution to an area that is isolated or neglected, such as lower power consumption, and wastewater reuse; 2. Se benefits the environment by reducing greenhouse gas emissions or products that may damage, 3. The students become aware of environmental care, life in its formation, project 4. Generación for contests and some with option to be financed by environmental agencies.



ESTRUCTURA DEL TRABAJO

1.- INTRODUCCION

La búsqueda de nuevas fuentes alternas de energía es uno de los más importantes retos que actualmente la humanidad enfrenta para poder cuidar nuestro medio ambiente para generaciones futuras. Dentro de estas fuentes alternas destacan la eólica, mareomotriz y solar, entre otras:

Las diversas acciones que nosotros emprendamos en beneficio del medio ambiente siempre son bienvenidas, e importantes. Y comprometiendo a las instituciones educativas, generar una nueva política educativa que incluya llevar a cabo acciones, que permitan temas a favor del cuidado del medio ambiente, incluyendo temas como uso adecuado de los recursos, de energía renovable, cuidado del medio ambiente, etc.

Así también cabe señalar que dentro de nuestras instituciones, tenemos una fuente potencial para poder diseñar, generar y aplicar proyectos de esta índole, permitiendo el cuidado del medio ambiente, para ello los proyectos afines deberán ser evaluados para su realización e implementación, no olvidando que deberán estar involucrados nuestros alumnos, maestros, directivos, administrativos y de servicios.

En todas las instituciones educativas existen diversas carreras que se ofertan y que al involucrarlas en los proyectos de este tipo permitirían el desarrollo multidisciplinario de cada uno, ya que éstas aportarían sus conocimientos.

El presente trabajo pretende aportar a la realización, reflexión y análisis de los tipos de procesos y procedimientos que se puedan desarrollar y emplear, proyectos de estudiantes relacionados con las energías renovables, utilizando a la vez materiales que se puedan reutilizar dentro de cada uno e incluir proyectos, de modo que puedan aportar a la puesta en marcha de los mismos de forma factible y viable.



2.-MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción

Tomar acciones en nuestros días, que permitan el cuidado del medio ambiente, con el fin de cuidar las futuras generaciones, y es en las instituciones educativas en donde se pueden generar proyectos multidisciplinarios de acuerdo con las carreras que se oferten en cada institución, permitiendo aplicarse de manera inmediata en las diversas aéreas de la misma institución, reutilizando en su mayoría materiales que ya no estén funcionando o abandonados para su diseño y/o adaptación, pero que en cada proyecto nuevo de energía renovable pueda ser un componente del mismo, sin embargo, cada institución deberá tener un Comité de Evaluación Multidisciplinario de Proyectos de Energía Renovable (CEMPER), con conocimientos propios y diversos temas ambientales que les permitan evaluar cada uno de los proyectos que se generen, tomando en cuenta su viabilidad para llevarlo a cabo, con el objetivo de que los integrantes de cada proyecto fabriquen y/o reutilicen la mayoría de los elementos considerando el mínimo en la compra de elementos que no se puedan realizar.

2.2. Formación del comité de evaluación multidisciplinario de proyectos de energía renovable (CEMPER).

Este comité deberá estar integrado por docentes auditores ambientales, directivos y concedores de las distintas carreras que oferte la institución, siendo responsable de la verificación, evaluación, viabilidad y selección de los trabajos presentados acorde con los parámetros y pautas establecidas en el manual de evaluación(generado por el propio comité), y encargado de entregar los resultados de los proyectos. El comité (Fig. 1) deberá estar estructurado de la siguiente manera:



Figura 1. Estructura del Comité de Evaluación Multidisciplinario de Proyectos de Energía Renovable.



Este comité multidisciplinario deberá estar integrado con elementos que tengan experiencia en temas ambientales en las diferentes especialidades, en evaluación de proyectos y personal administrativo que darán su punto de vista desde la parte financiera y legal para la realización del proyecto.

Resulta mención aparte que este comité deberá marcar en un documento registrado (si cumple), los lineamientos y criterios de la selección de los proyectos potenciales para su realización, así como los tiempos para dar a conocer la convocatoria para estos proyectos.

2.3. Registro de los proyectos.

Los proyectos a registrar (Fig.2) deberán estar integrados de acuerdo a los tiempos de la convocatoria los criterios de cada comité considerando los recursos y carreras de cada institución educativa, pero cuidando que sean proyectos específicamente que como resultado sean de energías renovables con sus asesores que requieran, ya sea interno o externo para poder llevar a cabo estos proyectos.



Y deberá tener lo siguiente:

Figura 2. Ejemplo de elementos del registro de proyectos.



2.4. Evaluación de los proyectos.

Los proyectos registrados deberán ser viables en su realización y de acuerdo a las características de localización y recursos de cada institución, un ejemplo de los criterios básicos de evaluación se presenta a continuación:

- Objetivos de energía.
- Tipo de energía se producirá.
- Disponibilidad de recursos: de que fuentes de energía se dispone en la localidad (regionalización).
- Capacidad de Interconexión a la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E)
- Capacidades técnicas de generación.
- Presupuesto de elaboración e instalación
- Impacto y requisitos ambientales.
- Factibilidad del proyecto regionalizada
- Aspectos legales de implementación.

Y algunos otros que considere el comité para su aprobación u observaciones que se generen de acuerdo a las características de los proyectos de la región.

2.5. Propuesta de lista de cotejo para la evaluación de los proyectos.

1. Deficiente 2. Regular 3. Bien 4. Muy Bien

Aspecto

Puntuación min. 1-4 máx.

- a).- Soluciona alguna problemática de energía renovable
- b).- Grado de seguridad al utilizarlo
- c).- Grado de aceptación local
- d).- Está acorde la potencia que genera a la demanda requerida
- e).- Grado de vida útil
- f).- Componentes adecuados al sistema
- g).- Grado de Reparación del sistema
- h).- Relación costo- beneficio del sistema
- i).- Utilización en lugares aislados
- j).- Grado de mantenimiento
- k).- Funcionalidad ante severas condiciones climáticas

Evaluación: _____ Aceptado _____ No Aceptado _____

Observaciones y recomendaciones: _____



3. EJEMPLO DE UN PROYECTO EN DESARROLLO DE UN SISTEMA HIBRIDO (EÓLICO-SOLAR) CON ELEMENTOS REUTILIZADOS.

3.1. Ubicación del proyecto.

En el Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos (ITESCO)(Imagen 1), se está trabajando en el sistema de alumbrado, en una sección del Centro de Investigación Acuícola (CIA) (Imagen 2) que se encuentra en el ITESCO, mismo que tiene como objetivo, dotar de iluminación a una sección del área verde, se utilizará la energía del sol, mediante el uso de paneles solar, manufacturados por los propios alumnos y del aire mediante el uso de un generador eólico igualmente manufacturados por los alumnos y de materiales reutilizados, que no están conectados al servicio de Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.).

La elección de estos sistemas, se dio debido a que la zona en donde estarán ubicadas presentan excelentes condiciones para ello, la energía solar y la eólica, en el caso de la primera prevalece en un 85% en el periodo de un año y la segunda en un 90 % con diversos cambios de dirección y en algunas ocasiones con rachas hasta de 120 km/h.



Imagen 1. Instalaciones del ITESCO.
Acuícola



Imagen 2. Centro de Investigación

El grupo integrado por 11 alumnos de diferentes carreras como: ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería en electrónica y contando con 6 asesores multidisciplinarios conformado por: M.C. Estela Cuenca Álvarez, M.I. Rodolfo Barrientos Morales, M.I. Tadeo Urbina Gamboa, Ing. Alfredo Carrasco Francisco, Ing. Eduardo Coral Palacios y el M.C. Carlos Fernando Cancino Nolasco.



3.2. Elaboración de los dos sistemas y algunos componentes intermedios.

En la elaboración para estos dos sistemas y aquellos componentes intermedios, en donde se pueden utilizar materiales que para algunos ya es inservible, nosotros le damos a estos componentes otro uso dentro de nuestros sistemas.

Para el diseño y desarrollo de este proyecto, se realizaron tres reuniones semanales por lo menos planear y diseñar la elaboración de los componentes o en su defecto determinar la existencia de las mismas.

3.2.1. Elaboración de los paneles.

En primer lugar se realizaron dos paneles solares con capacidad de 60 watts, para su elaboración se ocuparon 16 células solares (Imagen 3), por cada celda solar. Fueron realizados e instalados por los integrantes del proyecto (Imagen 4), realizándose como fase de prueba para ver su funcionamiento, invirtiendo tiempo en la investigación para poder llevar a cabo su elaboración, desde los componentes, diseño, compra de los elementos, tipos de células solares, elaboración, equipos intermedios (tipos de controladores, inversores, baterías, etc.)

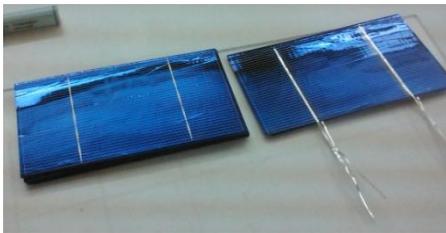


Imagen 3. Células Solares.



Imagen 4. Instalación de Paneles Solares

3.2.2. Elaboración del aerogenerador.

Para este sistema se utilizó una lámina que estaba en desuso, los integrantes del equipo, diseñaron y moldearon para elaborar las aspas del mismo y conectar en el eje un generador eléctrico de un automóvil (en desuso), por lo que se logró conectar mediante engranes, también rescatados de la transmisión de velocidades del mismo de auto y así lograr instalarlo en el CIA.

Cabe hacer mención que se está diseñando un sistema de frenado precautorio, debido a que en esta zona se presentan rachas de aire con velocidades de 120 km/h, además de integrar un sistema de baleros con soporte en la base para prevenir y aprovechar el sentido de los vientos que cambian repentinamente, esto con la finalidad de aprovechar al máximo el sistema.



Imagen 5. Construcción del aerogenerador



Imagen 6. Instalación del aerogenerador

3.3.3. Equipos Intermedios.

Respecto a los componentes intermedios que permiten controlar y dar servicio, el equipo de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, están diseñando y construyendo el inversor, controlador y protección eléctrica del sistema para prevenir posibles daños a los componentes que se instalen, y así operar adecuadamente.

3.4.- Resultados a obtener del proyecto ejemplo.

Todas las acciones emprendidas están encaminadas al cuidado del medio ambiente, en la generación de energía limpia, ya que se está produciendo electricidad sin dañar el medio ambiente, mediante el uso de material reutilizable de desecho, cabe hacer mención que el equipo de trabajo cuenta con 7 meses trabajando en dichos proyectos.(Imagen 7)

Con este proyecto se pretende iluminar un 40% del local que ocupa el CIA en sus diversas áreas, permitiendo un ahorro en el consumo de energía y sobre todo comprobando que hay formas económicas y amigables de protección al medio ambiente



Imagen 7 Equipo de Trabajo



4.- CONCLUSIONES

Los proyectos multidisciplinarios tienen un gran impacto, debido a que el trabajo en conjunto se logran a corto plazo y los beneficios para los cuales fueron creados se cristalizan en comparación que trabaje, una sola disciplina, sin embargo hay que ser realistas a veces el avance tecnológico de nuestro país y la situación económica no nos permite llevar a cabo o construir ciertos componentes que únicamente en los países desarrollados lo tienen, pero con el empuje de nuestros alumnos y la asesoría de los maestros podremos llegar a diseñar y construir sustitutos de estos.

Este tipo de proyectos muestran diversos beneficios:

- 1.- Al plantel debido a que en él se realizaran las pruebas y por ende se instalaran, beneficiando a la comunidad estudiantil en primera instancia.
- 2.- El cuidado al medio ambiente como parte fundamental en estos tipos de proyectos en donde no repercute su uso ya que es energía limpia, así también generar conciencia en nuestros educandos para el cuidado del mismo y sus familias.
- 3.- Estos proyectos pueden presentarse en diversos concursos de creatividad, innovación, etc. Con el objetivo en algunos de ellos que puedan ser financiados o impulsarlos en incubadoras de empresas.

Aun falta mucho por realizar, sin embargo ya se han realizado las pruebas respectivas hasta esta fase de nuestro proyecto, con dispositivos de pequeño consumo, sin embargo se pretende continuar con grandes áreas dentro de nuestro instituto y logrando esto, con el apoyo de nuestro director Lic. Ricardo Orozco Alor, que está permitiendo la realización de estos y otros proyectos, únicamente con el objetivo de que los alumnos se involucren en los mismos y estos generen su propio conocimiento y lo apliquen en beneficio del ITESCO y de la sociedad.

También nuestro departamento de posgrado en investigación nos ha impulsado en estos proyectos permitiéndonos, así la creación de una Agrupación de Energías Renovables del ITESCO (AER-ITESCO), que precisamente nos impulsará con la realización de estos proyectos, generando la participación de más carreras, y así lograr disminuir el tiempo de construcción.



6.- BIBLIOGRAFIA

1. AVIA ARANDA, FÉLIX. *Principios de conversión de la energía eólica*. CIEMAT, Madrid, España, 1994.
2. Fundación PESENCA. *Evaluación de sistemas fotovoltaicos en Colombia*. Bogotá: INEA (Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas), 1995
3. J.J. Blanch/J.A. López, *Sistemas solares térmicos de baja temperatura*, Ediciones UPC, Barcelona: 1999, pp 7-26
4. M.R. Casals, *Energía Solar Térmica*, Ediciones UPC, NJ: 2001, pp. 23-43.
5. M. R. Patel , *Wind and Solar Power Systems*, CRC Press, NJ: 1999, pp 243-257
6. M. Ross, "*Bus Configurations in Hybrid Systems*," in Hybridinfo, vol. 2004,
8. S. J. Park, B. B. Kang, J. P. Yoon, I. S. Cha, and J. Y. Lim, "*A study on the stand-alone operating or photovoltaic/wind power hybrid generation system*," presented at Power Electronics Specialists Conference, 2004. PESC 04. 2004 IEEE 35th Annual, 2004.
9. Yamaguchi, M.; Katsumoto, S.; Amano, C, "*A unified model for radiation-resistance of advanced space solar cells*". IEEE Photovoltaic Specialists Conference - 1994, Volume: 2, no.



ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS DE NIVELES SONOROS AMBIENTALES EFECTUADOS EN LA CIUDAD DE MERIDA EN LOS AÑOS DE 1980 A 2010

Tun Cuevas J.

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica
Instituto Tecnológico de Mérida

ABSTRACT

There are only a few environmental noise studies conducted in the state of Yucatan, particularly in Merida city. It is for this reason why in this article it analyzes the behavior of sound levels with only four noise studies conducted over the past thirty years (1980-2010).

Merida city has 777,615 inhabitants (2010), who for different reasons pass through the first frame of the city and work in stores and offices located in this area, as well as many families who live in the zone.

The results of the noise studies provide the levels of sounds found in the environment which people who pass through this zone are exposed to. In addition, results are compared with the regulations of the World Health Organization and the effects due to exposure to the noise pollution.

RESUMEN

En el Estado de Yucatán y en especial la Ciudad de Mérida los estudios ambientales sonoros son escasos, es por esta razón que contando con únicamente cuatro estudios efectuados en diferentes años, se analiza el comportamiento de los niveles sonoros de las últimas tres décadas de los años 1980 a 2010.

La ciudad de Mérida cuenta (año 2010) con 777,615 habitantes de los cuales muchos de ellos por alguna necesidad transitan por el primer cuadro o bien trabajan en los comercios y dependencias ubicadas por esta zona; así como también numerosas familias viven en este primer cuadro de la ciudad.

Los resultados del análisis a los estudios sonoros nos proporcionan los niveles sonoros presentes en el ambiente en el cual se encuentran expuestas todas las personas en esta zona de la ciudad. Así mismo los resultados se comparan con la normatividad recomendada por la Organización Mundial de la Salud y los efectos que conlleva la exposición a la contaminación sonora.

INTRODUCCION

Las formas de percepción de nuestro sentido auditivo, debido a ondas sonoras producidas por compresión de aire se pueden clasificar en dos tipos de ruido y sonido; los cuales se presentan de una manera gradual, de tal modo que es difícil precisar el momento en que el ruido deja de serlo para pasar a ser sonido o viceversa.

Las principales características físicas de los ruidos y sonidos están dadas por su frecuencia e intensidad.

La frecuencia es el número de variaciones de presión completas (ciclos), realizadas en la unidad de tiempo (s); la intensidad, puede definirse como la presión que ejercen las ondas sonoras sobre el tímpano del oído y esto convencionalmente se mide en decibeles (dB). Un ruido se produce por efecto del choque de dos cuerpos duros. El sonido puede tener el mismo origen, pero es graduable. La diferencia entre ambos consiste en que el sonido tiene variantes fácilmente apreciables (agudos y graves), y el ruido tiene variantes más difíciles de clasificar: existen agudos intensos, suaves y graves, cuya procedencia se puede adivinar, pero como



sensación resulta vaga. El sonido en cambio, es fino y su intensidad puede graduarse con mayor precisión y cuando se le escucha, se puede identificar el cuerpo sonoro que lo emitió. De acuerdo a normatividad ruido es todo sonido indeseable, su indeseabilidad está en función de la experiencia adquirida por el ser humano, normada por una serie de factores llamados idiosincráticos. Estos factores son propios de una sociedad que tiene elementos históricos, geográficos, etnográficos y educativos comunes. Por tanto una experiencia auditiva determinada puede ser definida por toda una comunidad como ruido, debido a su indeseabilidad.

También es cierto que algunos sonidos debido a su alta intensidad pueden ser nocivos para el oído, ya que destruyen células del oído interno, o bien interfieren con actividades propias del ser humano, tales como el sueño, el descanso, la comunicación y su bienestar. Estos sonidos sin ser necesariamente definidos por la comunidad como indeseables, deben ser considerados como ruidos por afectar de alguna manera la salud pública.

La ciudad de Mérida cuenta en la actualidad con cerca de 777,615 habitantes (INEGI. Censo de 2010), expuestos todos a niveles sonoros ambientales, sobre todo los que convergen en el centro de la misma; son innumerables las personas que trabajan y que por diferentes circunstancias acuden a esta parte de la ciudad, así como también numerosas personas habitan por este lugar; aparte son los numerosos vehículos motorizados que transitan por estas calles muchas de las veces con el mofle en mal estado; en el centro se realizan numerosas actividades tanto públicas como particulares, por lo que todos somos responsables de estas emisiones sonoras que en la mayoría de las veces son desagradables y que denominamos como "ruido".



Figura 1. Ubicación de la Ciudad de Mérida, objeto de estudios de ruido ambiental.



Ubicación con respecto a México y el Estado de Yucatán.

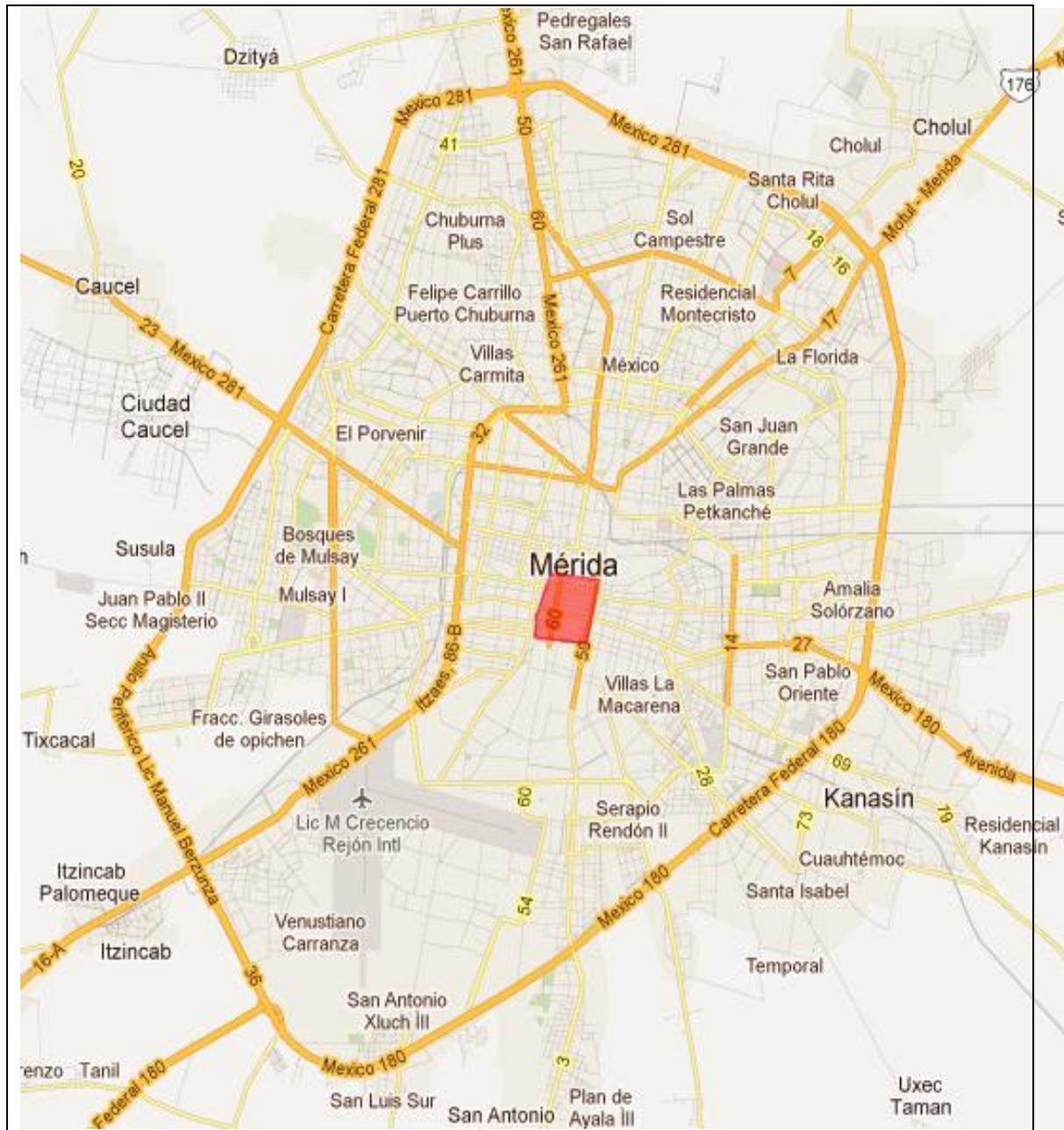


Figura 2. Ciudad de Mérida y ubicación del primer cuadro

METODOLOGÍA

El presente análisis tiene como objetivo describir la situación que prevalece en los estudios sonoros ambientales efectuados en la ciudad de Mérida.

Según sabemos antes de aplicar alguna medicina para una molestia física dada, se tiene un diagnóstico del cual el médico se basa para medicar; en el caso del ruido, se tienen desde 1980, al menos 4 estudios conocidos que tratan sobre los niveles sonoros ambientales; 2 de estos estudios fueron efectuados por quién escribe este análisis; el primero en 1980 y el segundo en 1990 con la participación del Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) y la desaparecida Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE); el tercer estudio fue



realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY); el más reciente efectuado entre la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado y el Instituto Tecnológico de Mérida.

El primer estudio efectuado en el primer cuadro de la ciudad abarco 18 cruces a partir del Parque Principal de la ciudad y de manera radial en las cuadras más cercanas (Fig. 3); se obtuvieron valores mínimo de 66.00 dB(A), máximo de 80.6 dB(A) y promedio de 74.5 dB(A)

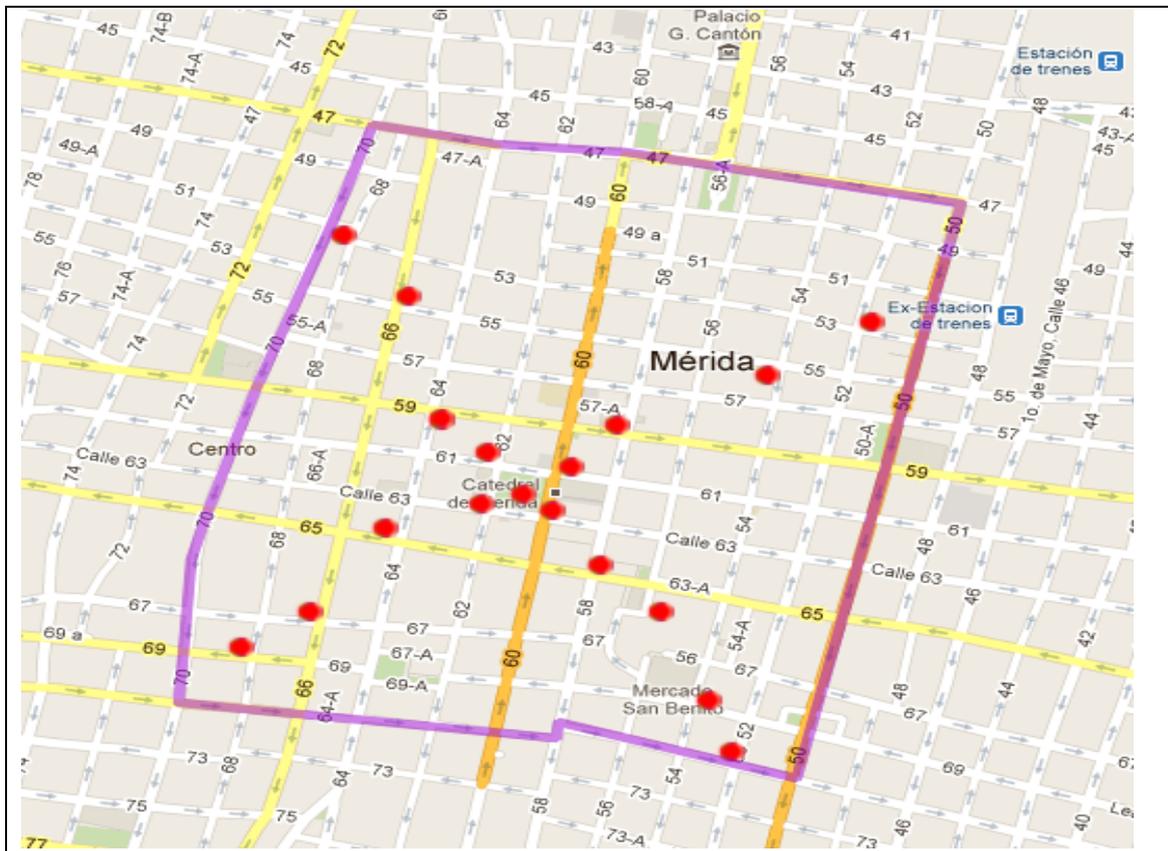


Figura 3. Ubicación de los 18 puntos de muestreo en el primer cuadro de la ciudad de Mérida. Estudio efectuado en 1980

En el segundo estudio fueron analizados 30 cruces del mismo primer cuadro de la ciudad (Fig. 3.4), obteniendo valor mínimo de 68.9 dB(A), máximo de 85.9 dB(A) y promedio 78.3 dB(A).

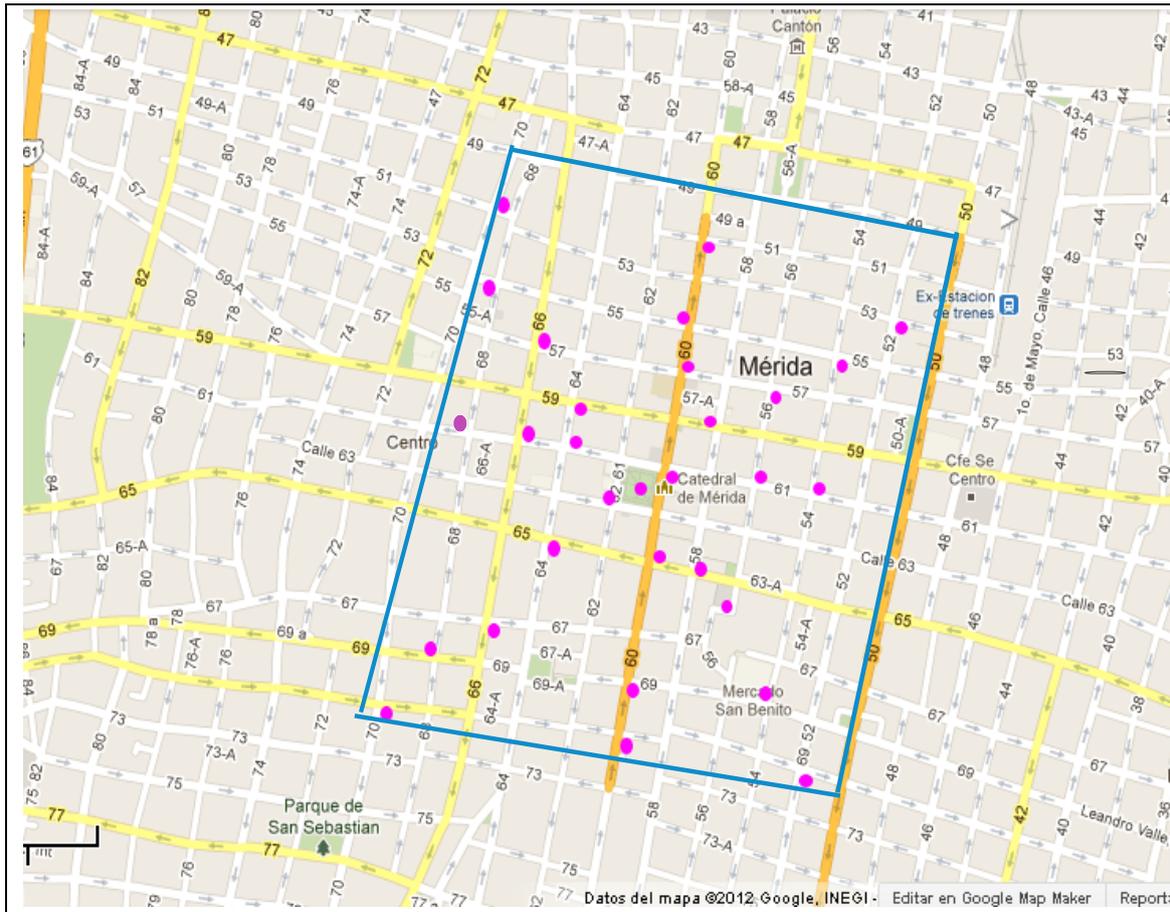


Figura 4. Ubicación de los 32 puntos de muestreo en el primer cuadro de la ciudad de Mérida. Estudio efectuado en 1990

El estudio de la FIUADY abarcó la zona centro-norte de la ciudad, figuras 5 y 6, este estudio señala que el 75 % de estos valores está entre 60 y 80 dB(A) con un valor único por arriba de 80 dB(A). Por otra parte el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud para calles ruidosas y ajetreadas es de 75 dB(A). Este mismo estudio señala que el 54 % de los valores obtenidos sobrepasan este nivel.



Figura 5

Figura 5

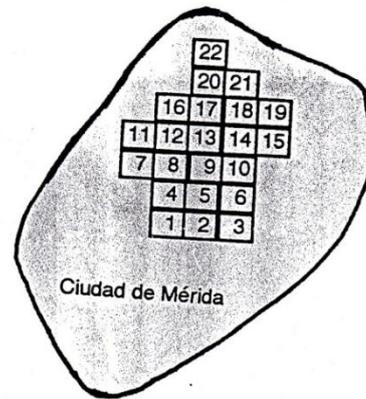


Figura 6

Los valores para el índice de ruido por tráfico señalan un comportamiento similar en toda el área de estudio con valores que oscilan entre 72 y 149 dB(A). Lo que denota falta de control sobre las emisiones de ruido de los vehículos automotores. Los camiones de transporte urbano y las motocicletas registraron los valores más altos.

El estudio que la Secretaría de Ecología y el ITM efectuaron en el transcurso del año 2000, fue realizado en 48 puntos del primer cuadro de la ciudad y en 27 puntos situados en cruceiros del Circuito Colonias.

Haciendo un análisis de este último estudio el menor nivel sonoro obtenido fue de 72.26 dB(A) en el cruceiro de las calles 68 x 49. El mayor nivel sonoro fue de 83.07 dB(A) en el cruceiro de la calle 58 x 65 en el centro de la ciudad.

En el análisis de los estudios se observó que los autores utilizaron la Norma Mexicana NMX-AA-62-1979 Acústica- Determinación de los niveles de ruido ambiental. Norma listada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Se observó también que en los estudios se indica que utilizaron sonómetros y calibradores acústicos de acuerdo a normatividad aplicable al caso.

En los estudios se utilizaron las fórmulas estadísticas relativas a la determinación del nivel equivalente (Neq) y su desviación estándar (σ) y los percentiles 90, 50 y 10, el nivel de contaminación sonora (Ncs) y el índice de ruido del tráfico (IRT).

$$N_{eq} = 10 \log_{10} \left[\sum_{j=1}^N P_j 10^{L_j/10} \right]$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^N P_j L_j^2 - \left(\sum_{j=1}^N P_j L_j \right)^2}$$

$$N_{10} = N_{50} + 1.2817 \sigma$$

$$N_{cs} = N_{eq} + 2.56 \sigma$$

$$d = N_{10} - N_{90}$$



$$IRT = 4d + N_{90} - 30$$

RESULTADOS

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Resumen de niveles sonoros en el primer cuadro de la ciudad de Mérida

Descripción del estudio	Niveles sonoros dB(A)		
	Mínimo	Promedio	Máximo
1980- J. Tun C.- 18 cruceros	66.00	74.5	80.60
1990- ITM-SEDUE-30 cruceros	68.90	78.30	85.90
FIUADY-zona centro-norte	60.00		80.00
2000- SECOL-ITM-48 cruceros y 27 puntos en Circuito Colonias	72.26		83.07

Analizando el cuadro 1. Podemos observar que a través de los años (desde 1980-1990 y 2000) los niveles sonoros van en aumento.

Causas detectadas en el análisis de los estudios efectuados de 1980 al año 2010

Entre las fuentes generadoras de ruido detectadas se encuentran las siguientes:

- Camiones de carga
- Autobuses
- Automóviles
- Motocicletas

Aunado a las condiciones siguientes:

- Congestionamiento de vehículos
- Bocinazos de los vehículos
- Escapes de camiones urbanos, automóviles y motocicletas en pésimas condiciones
- Altavoces de publicidad en las puertas de establecimientos comerciales
- Por esta ocasión los trabajos de remodelación y rescate del centro histórico, por el empleo de maquinaria pesada

Efectuando una revisión de los distintos estudios anteriormente realizados, las fuentes generadoras mencionadas son similares en todos ellos.

Es pertinente mencionar que los niveles sonoros obtenidos en cada uno de los estudios citados anteriormente, son válidos únicamente en el período en que fueron hechos y son representativos de esos momentos.

Desde el año 2002 por parte del Gobierno del Estado se han iniciado las verificaciones de emisiones contaminantes en vehículos particulares (anteriormente se hicieron las verificaciones en unidades de transporte y de competencia federal), en Centros de Verificación a cargo del Tecnológico de Mérida.

En los últimos años no se tiene conocimiento de que alguna dependencia o institución realizó algún estudio sobre el Ruido en la Ciudad



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión aún falta mucho por hacer para prevenir y controlar las emisiones sonoras contaminantes al ambiente; cada quien dentro de su ámbito puede contribuir para lograrlo. Así como hacen falta más estudios del primer cuadro y de otras zonas de la ciudad.

Entre las recomendaciones se indica que la Autoridad Municipal en la esfera de su competencia verifique el cumplimiento del Reglamento de los altavoces y sus emisiones sonoras en comercios y plazas comerciales.

Nosotros como parte de la sociedad debemos contribuir llevando a verificar nuestros vehículos y reparándolos en caso necesario; respetar los límites de velocidad señalados en las calles y avenidas; evitar los bocinazos innecesarios, así como las aceleraciones.

Sería interesante que las calles aledañas al parque principal sean cerradas a la circulación de vehículos, tal y como han propuesto autoridades municipales; pero esta acción deberá ser acompañada por la verificación y reparación de los autobuses urbanos, porque sino lo que se estaría haciendo es trasladar el problema de ruido de los mismos hacia otros lugares de la ciudad.

Las autoridades Estatales, Municipales y Centros Educativos deben coordinarse, para establecer en la ciudad de acuerdo a la normatividad aplicable, una red de monitoreo de los niveles sonoros ambientales cuyos resultados sirvan para que informen a la sociedad de los avances en la prevención y el control del ruido ambiental, de esta manera estaremos aprovechando las ventajas que ofrecen los adelantos tecnológicos y lo más importante que los habitantes de la ciudad dejen de padecer el stress debido a la contaminación por ruido del cual somos responsables.

Y como indica la Dra. Julia G. Pacheco A. (El ruido en la ciudad de Mérida Yucatán-1993-SMISAAC); el ruido es uno de los contaminantes más peligrosos para el ambiente y al que aún no se concede la importancia que merece. Vale la pena reflexionar si nuestros momentos de irritabilidad o depresión y algunas noches de insomnio no fueran resultado de la exposición a altos niveles de ruido. Lo mismo que para otros tipos de contaminantes, es importante atraerse la participación de la ciudadanía a fin de reducir los niveles de ruido comunitario.

Si analizamos con cuidado todo lo anteriormente manifestado nos daremos cuenta que al año 2012 la situación de nuestra ciudad de Mérida con respecto al ruido no han cambiado. Inclusive la población ha aumentado, las actividades económicas también, así como el número de vehículos motorizados es mayor que hace treinta e inclusive 20 o 10 años atrás.

Independientemente de lo anteriormente señalado es importante indicar algunos efectos de los niveles sonoros como los siguientes:

Trastornos del sueño

El ruido influye negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes que se dan, en mayor o menor grado según peculiaridades individuales, a partir de los 30 decibelios:

- Mediante la dificultad o imposibilidad de dormirse,
- Causando interrupciones del sueño que, si son repetidas, pueden llevar al insomnio. La probabilidad de despertar depende no solamente de la intensidad del suceso ruidoso sino también de la diferencia entre ésta y el nivel previo de ruido estable. A partir de 45 dBA la probabilidad de despertar es grande.



- Disminuyendo la calidad del sueño, volviéndose éste menos tranquilo y acortándose sus fases más profundas, tanto las de sueño paradójico (los sueños) como las no-paradójicas. Aumentan la presión arterial y el ritmo cardiaco, hay vasoconstricción y cambios en la respiración.

Como consecuencia de todo ello, la persona no habrá descansado bien y será incapaz de realizar adecuadamente al día siguiente sus tareas cotidianas. Si la situación se prolonga, el equilibrio físico y psicológico se ven seriamente afectados.

Con frecuencia se intenta evitar o, al menos paliar, estas situaciones mediante la ingestión de tranquilizantes, el uso de tapones auditivos o cerrando las ventanas para dormir. Las dos primeras prácticas son, evidentemente, poco saludables por no ser naturales y poder acarrear dependencias y molestias adicionales. La tercera hace también perder calidad al sueño por desarrollarse éste en un ambiente mal ventilado y/o con una temperatura demasiado elevada.

REFERENCIAS

Estudio de Ruido. Secretaría de Ecología. Gobierno del Estado de Yucatán. 2000

Instituto Mexicano del Seguro Social, Jefatura de Conservación. 1975. Manual Básico para Control de Ruido. Serie de Saneamiento Ambiental.

Norma Mexicana NMX-AA-62-1979 Acústica- Determinación de los niveles de ruido ambiental. México DF 10 de Noviembre de 1978.

Norma Oficial Mexicana "Clasificación de Ruidos". DGN: AA-40-1976.

Pacheco Ávila, Julia y Pérez Sánchez, María M., 1993. El ruido en la Ciudad de Mérida, Yucatán. Artículo publicado en la Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Organización Mundial de la Salud (OMS). "Guidelines for Community Noise" (<http://www.who.int/peh/noise/noiseindex.html>). Ginebra, 1999.

Tun C. J. (1981). Estimación de un plano isonivel de ruido en el primer cuadro de la ciudad de Mérida. Tesis presentada en opción al Grado de Maestro de Ingeniería Ambiental. (FIUADY)

Tun C. J. 1990. Determinación de los Niveles de Ruido Ambiental en el Primer Cuadro de la Ciudad de Mérida. ITM-SEDUE. Mérida, Yucatán.



ANÁLISIS Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

M.C. Juan Antonio Ruiz Velazco de la Garza, Ing. Rosa Hilda Valencia Ruiz,
Ing. Florentino Chimal Y Alamilla, M.C. Silverio Hernández Chávez, M. E. Javier Pacheco
Hipólito

Instituto Tecnológico de Cancún

f_chimal54@hotmail.com, juruiz35@hotmail.com, jpacheco72@hotmail.com,
hdvalencia_2007@yahoo.com.mx, h_silverio2000@yahoo.com.mx

Resumen

Se realizará el diseño y análisis del funcionamiento de un sistema de recuperación de agua, que se capta de los sistemas de aire acondicionado. Este sistema fue realizado en el laboratorio de electromecánica y la coincidencia de la instalación de un equipo de aire acondicionado de ventana sobre los lavamanos. Se colocó el desagüe del equipo con la intención de llevar el agua al drenaje, posteriormente se colocó un recipiente para captarla y utilizarla para lavar las manos, hasta que llegamos a un sistema de almacenamiento de agua de 3 equipos de aire acondicionado a un tanque conectado a 3 válvulas. De las observaciones que tenemos, son: para un equipo de aire acondicionado de una tonelada de capacidad, se ha obtenido aproximadamente 30 litros de agua en 8 horas de funcionamiento en la ciudad de Cancún, Q. Roo., México, que tiene una humedad de entre 80 y 90%, se menciona esto, ya que el % de humedad varía según la región.

Cada día cuesta más el proceso de potabilizar el agua debido a la contaminación de los subsuelos, se deben tomar otras alternativas de suministro de agua potable y una de ellas es la recuperación del agua de los aires acondicionados y darles tratamiento adecuado para que puedan ser utilizados.

Evaluar las tecnologías existentes y desarrollar una tecnología propia que se adapte mejor a las condiciones nacionales para facilitar la recuperación de esta agua condensada, evaluando su operación, tratamiento y mantenimiento y promover el proceso para ir mejorando su tratamiento para un mejor uso.

Recuperación del agua de los aires acondicionados

La observación que se hizo sobre el condensado de un equipo de 26,000 BTU y otro similar de 2.7 MPa, producen en forma similar 1 lt. en 17 Min., cada equipo, por lo que en una jornada de trabajo de 8 hrs. cada equipo produce 28 lts., por el momento esta agua solo se utiliza para el lavado de manos y el tratamiento que recibe es cloro en tabletas.

EL TRATAMIENTO

Se pretende hacer análisis y saber sus contenidos como son dureza, pH, calcio, tipo de acidez, análisis Bacteriológico y hacer estudios sobre la Legionela, bacteria que es clásica en los aires acondicionados y de esta manera saber que se le puede agregar para darle un mejor uso, inclusive para tomar.

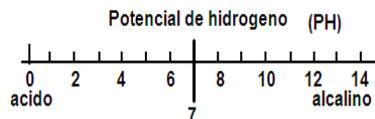


TIPO DE AGUA POTABLE

El agua potable debe de tener un pH de 7.

Acido.- Que tiene sabor agrio, parecido al limón o vinagre.

Alcalino.- Hidróxido o base que al hacer reaccionar el agua con los óxidos ó metales alcalinos.



Bacteriológico

Las características físicas y químicas de una fuente de agua pueden ser satisfactorias pero aun así el agua no puede ser aceptada como potable hasta que su contenido bacteriológico pueda ser eliminado. El agua potable es aquella libre de bacterias, que no pueda producir enfermedades perjudiciales al organismo. Varias enfermedades pueden ser transmitidas por agua impura y son comúnmente conocidas como patógenas.

Los organismos causantes de enfermedades son llamados patógenos y son:

- a. Tifoidea
- b. Paratifoidea, A & B
- c. Disentería común o de bacilos
- d. Disentería amibica
- e. Cólera

1. DATOS AIRES ACONDICIONADOS DE LOS AIRES ACONDICIONADOS EN ESTUDIO.

A continuación se mencionan las características técnicas de los equipos instalados y que se utilizaron para el presente trabajo.

- 2 equipos Marca: Mirage (2 equipos)
 Modelo: SMEC2621F
 1fase; ciclos 60 hertz; Voltaje 220V
 Capacidad de enfriamiento 26,000 BTU/h
 Consumo 2000 W
 Amperaje 9,6 A
 Tipo de refrigerante R22
 Hecho en China
- Otra Marca Marca: LENNOX
 Modelo: KF70-24CGW-E
 Protección contra choques Eléctricos I
 Voltaje: 220 V
 Frecuencia: 60Hz
 Capacidad de enfriamiento: 7000 W
 Flujo de aire: 1100 m³/s
 Potencia: 3260 W
 Razon de corriente: 17.8 A

Refrigerante: R22

Potencia: 2.7 MPa

2. Material e instalación de la red.

El material usado en la red, de los aires acondicionados, fue principalmente, tubería de PVC de media pulgada, codos, Tees, Coples, válvulas de bola de plástico, pegamento para PVC, lijas y depósito plástico de agua de 50 litros; todo este material tuvo un costo aproximado de \$ 800.00



pesos. El llenado de agua al depósito es por vasos comunicantes y la instalación del sistema fue realizada por alumnos. Ver Anexo.

Agregados en el agua

El promedio de recolección de agua fue de 28 litros por equipo, de los tres equipos instalados nos arrojaron un promedio 90 litros, en una jornada de 8 horas, se le agrega al agua una pastilla de cloro de 25 gr. por día, se puso un anuncio en los lavabos, que esta agua es únicamente para lavarse las manos con jabón bactericida y toallas de un solo uso para el secado, este sistema lleva funcionando 1 año 6 meses y hasta ahora no hemos tenido ningún problema y nos ha funcionado muy bien.

Se pretende realizar estudios de análisis comparativos con otras aguas en uso en la región y poder hacer comparativos de tipo bacteriológico, Potencial de hidrogeno, dureza, olor, sabor, color, conductividad, densidad y turbiedad.

Otro estudio que se pretende hacer es el de los procesos y agregados que se requerirían hacer para poder consumir este tipo de agua.

Se pretende hacer este proceso para todos los aires acondicionados existentes en este Instituto, para de esta manera no permitir que este tipo de agua no termine en las cañerías y hacer la difusión de este proceso en forma masiva para un mejor aprovechamiento.

3. Tratamiento de agua de condensados.

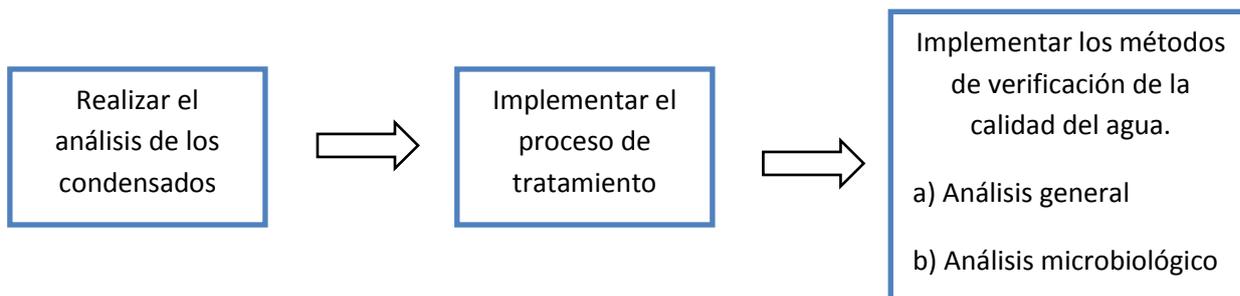
Del Proyecto se puede observar la trayectoria de los condensados a través de tubería PVC, que por vasos comunicantes la envían a un depósito para su disponibilidad.

¿Cuáles son las recomendaciones para su uso? Abordemos este caso desde dos puntos:

3.1) Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas, no se encuentra información sobre el uso que se le puede dar al agua de condensados de aire acondicionado, pero si se encuentra la siguiente norma:

3.1.1) Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Esto es;



Con lo anterior, pudiera ser muy simple.

3.2) Desde el punto de vista de la información disponible en TIC y el objetivo al que se desea llegar. Que es agua para lavado de manos.

3.2.1) La OMS, tiene un estudio de la importancia y las afectaciones tanto de la salud como económicas del lavado de manos, en su documento indica la forma de lavarse correctamente las manos y lo enfoca a los profesionales de la salud, en lo referente a la calidad del agua refiere que se observen las normas de cada país.

3.2.2) En México, no hay normas específicas para el tratamiento de agua para condensados de aire acondicionado.



3.2.3) De acuerdo a la Termodinámica, agua de condensados es la humedad que contiene el aire en su punto de rocío. Por lo tanto es agua que no debería contener ningún tipo de sustancia adicional.

3.2.4) Considerando la calidad de donde proviene el aire, este puede contener polvo o microorganismos que se encuentren en él, por ejemplo, esto puede afectar la calidad del agua recuperada en este proceso.

3.2.5) Técnicamente las descargas de los equipos deben ser libres y favorecidas por la fuerza de gravedad.

3.2.6) La microbiología hasta el momento referida en la bibliografía, indica que en los ductos de agua de los equipos de aire acondicionado se pueden encontrar colonias de mohos, esporas, insectos, bacterias y virus.

3.2.7) Legionella, son bacilos gramnegativos, no esporulantes que requieren L-cisteína para su crecimiento y aislamiento primario. Son bacterias heterótrofas, que pueden proliferar a temperaturas entre 20° y 50°C (su crecimiento óptimo se ubica entre los 35 y 45°C) además, de sobrevivir en ambientes de pH entre 2 y 9.5. Se pueden encontrar en medios acuáticos naturales, lagos, ríos, arroyos, lodos, etc.; que también sobrevive en pequeñas cantidades en los sistemas potabilizadores de agua, pudiendo ser transportada con ella a los edificios donde puede colonizar las instalaciones de suministro de agua y los sistemas de acondicionamiento del aire.

Su supervivencia en el aire es corta debido a la poca resistencia que presentan a la desecación y a los efectos de la radiación ultravioleta.

Con toda la información antes mencionada, se puede proponer un sistema de tratamiento de agua para los condensados del aire acondicionado.

4.- Proceso de tratamiento de agua propuesto





Algunas observaciones:

- A) El depósito deberá tener una descarga en el fondo, para eliminar residuos sólidos.
- B) Al realizar el control de calidad del fluido obtenido, no es suficiente aplicar la NOM, se debe agregar un análisis para Legionella, por ser gram negativo ya que a la fecha tiene 43 variantes, en su mayoría producen síntomas semejantes con la gripe más vómito, pero una de ellas es mortal para el ser humano, debe ser eliminada de forma inmediata con rayos ultravioleta, recordemos que en el aire no sobrevive.
- C) Evitar un almacenamiento de agua por muy mínimo que sea, durante la trayectoria del sistema de aire acondicionado hasta el depósito, sobretodo si se utiliza PVC o algún otro material plástico para su conducción. Si se utilizara cobre, los riesgos se minimizan.
- D) Por el momento no se observa la necesidad de un filtro de carbón activado con plata, porque la finalidad no es la de consumo humanos solo uso de lavado en manos, además por el momento no se han realizado pruebas con floculaciones.
- E) De concretarse este proyecto, un punto primordial será el mantenimiento del sistema, que deberá realizarse estrictamente cada seis meses.

Por último cabe mencionar que existen otras aplicaciones a este producto, como son; agua para planchas, agua para radiador, con sustancias adecuadas para jardinería también se puede utilizar para riego, para uso sanitario.

Conclusiones

Es necesario que hoy en día, se realicen investigaciones sobre los condensados de los aires, ya que producen una gran cantidad de agua que no se ocupa y se va por el caño, se están desaprovechando las regiones de gran humedad como son las costeras en donde se tiene hasta un 95 % de humedad.

Son miles de litros desaprovechados, se debería de hacer una ley para que cada que se instale un A. Acondicionado este tenga junto con su instalación un sistema de recuperación de su agua condensada.

Se pretende continuar con este procedimiento en otros edificios, para continuar rescatando aguas de aires acondicionados que se tiran a las cañerías en este tecnológico. Dentro de este rubro se pretende analizar y ver la posibilidad de darle diferentes tratamientos y tratar de que llegue a la calidad de consumo humano.

Con todo lo desarrollado e investigado en este trabajo, si es posible tratar el agua obtenida de los aires acondicionados para USO humano.

Fuentes Bibliográficas

- (1) OMS (en proceso de redacción): Legionella and the prevention of legionellosis. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud.
- (2) www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3_es_11.pdf
- (3) <http://www.aquasociety.de/dpcms/en/aqua-mission/>
- (4) <http://www.infojardin.com/>
- (5) <http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>
- (6) www.altonivel.com.mx
- (7) MOLINA, C. Maladies des climatiseurs et des humidificateurs, INSERM, Paris, 1986.
- (8) AENOR Informe UNE 100-030, de abril de 1994. Climatización. Guía para la prevención de la Legionella en instalaciones.
- (9) SPRINGSTON, J. Legionella bacteria in building environments, Occupational Hazards, 1999, vol.61, nº 8.



ANEXO



Ilustración 1. Costado del Lab. electromecánica con línea de PVC.



Ilustración 2, Bajante de agua de condensados de aire acondicionado.



Ilustración 3. Equipo Mirage de 2 Tn



Ilustración 4, Instalación general de recipiente y lavamanos.

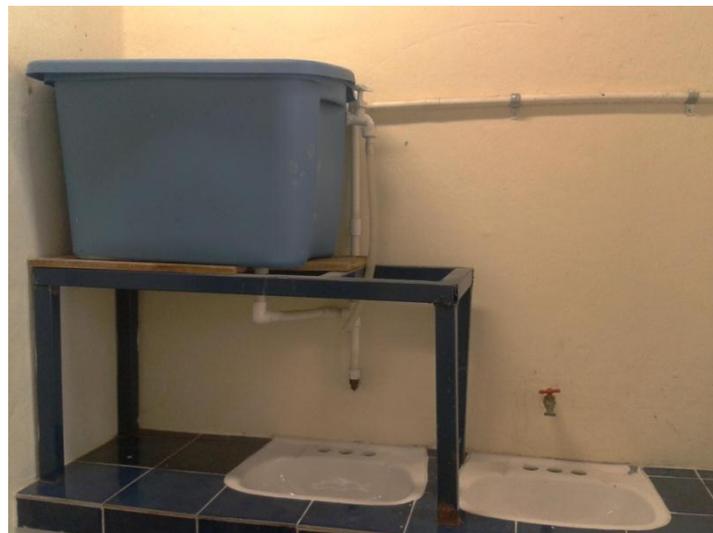


Ilustración 5. Depósito de agua de condensados.



CASA VERDE

¹Ing. Moises Molina García, ²Eduardo Morales Sampieri

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Avenida 25 Poniente No. 100, entre calles 22 y 32 sur, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver.

C.P. 94100 Tel. (01-273) 734-40-00 y Fax Ext. 218 <http://www.itshuatusco.edu.mx>

¹monchi_moga@hotmail.com,

RESUMEN

A través de la historia la capacidad del ser humano para utilizar nuevas fuentes de energía ha definido el nivel de progreso alcanzado por la sociedad. Si estudiamos la historia podemos ver que nos revela indeterminables cadenas de eventos, que día con día han sido puestos en marcha por una innovación energética, lo cual permite al hombre alcanzar nuevos retos. Como país queremos tener las mejores tecnologías que nos permitan tener una mejor calidad de vida; curar alguna enfermedad, ser competentes ante otros países, crear e innovar. Actualmente estamos tratando de crear nuevas fuentes de energía las cuales no deben dañar todo lo que se encuentre en este planeta lo que hace que el ser humano viva y pueda seguir utilizando su razonamiento. Como nación debemos ser competentes y utilizar nuestra propia energía; pero cabe preguntarnos si realmente la energía que podemos obtener de otras fuentes se utilizara de la manera correcta. Con esta investigación se da a conocer ejemplos de como obtener energías alternas a través de materiales que no deterioren los recursos con lo que cuenta la tierra, además de que se puedan obtener a bajos costos; es decir que estén al alcance de la sociedad en general. Se presentan ejemplos de como utilizar de manera correcta y eficiente la energía, dependiendo del que uso se le vaya a dar, observando cuales son las áreas con la que se tiene mayor consumo de energía y con cuales se necesita actuar de manera inmediata.

ABSTRACT

Throughout history the capacity of human beings to use new sources of energy has defined the level of progress achieved by the society. If we study history, we can see that reveals to us indeterminate chains of events, day to day have been initiated by an energy innovation, which allows the man meet new challenges.

I INTRODUCCIÓN

Hay que mencionar que para poder tener energías alternas primero debemos plantearnos de donde se van a obtener y si realmente no afectan al ecosistema, cual es su costo de producción, que personas las pueden obtener, a través de que se generan, que uso se les va a dar, si el impacto va ser grande para que la población empiece a reproducirla y utilizarla

Sabemos que como país contamos con muchos recursos naturales, pero se ha podido observar que esos recursos ha disminuyendo debido a muchos factores, pero principalmente son en los que interviene el hombre, como por ejemplo: tala inmoderada de arboles, uso excesivo de pesticidas e insecticidas, uso de fertilizantes, contaminación del agua a través de drenajes, arrojar basura

Debemos mencionar que hay que dejar de utilizar aquellas fuentes de energía que nos generen costo, sabemos que tenemos muchas fuentes que nos permitirán generar otras y que nadie no las puede vender o negar; ejemplo de ello tenemos el sol, el cual podemos hacer uso de el cuando queramos, el aire de la tierra día a día esta presente, la energía geotérmica que la podemos utilizar gracias a que contamos con un extenso territorio, la energía del mar, gracias a las olas que se generan como lo han hecho otros países



Ahora bien si estamos contaminado demasiado el ecosistema, debemos de disminuir todo lo que nos genere perdidas, lo que debemos hacer con los recursos que ya contamos es generar fuentes de energías alternas las cuales su producción no dañe al ecosistema

Calentadores de agua a partir de un brasero (fogón)

En ocasiones tenemos maneras de utilizar la energía de nuestras casas, pero no encontramos la forma, en parte estamos cooperando para ahorrar energía, además de que podemos disminuir el gasto que normalmente hacemos al comprar productos, que en este caso podrían ser remplazados al utilizar otra fuente

Normalmente para calentar nuestro boiler, utilizamos gas Licuado Prensado, o utilizamos leña o papales para los de este sistema

Lo que se presenta es como utilizar el calor que se desprende de nuestro brasero de nuestra casa, en donde se cocinan alimentos, a partir de la quema de leña, el cual este se pueda conectar a nuestro calentador para así tener agua caliente durante el día sin la necesidad de comprar gas, quemar leña, ni mucho menos papeles

2 MATERIALES

Materiales para la construcción de un calentador de agua a partir de un fogón

Para poder realizar este tipo de calentadores necesitamos hacer la estructura de lo que seria el fogón, el cual en donde se calientan los alimentos el cual funciona a base de la quema de leña seca lo que hace que el humo que se desprende entre a una tubería la cual conduce el humo a través de una tubería galvanizada a un calentador que permite tener agua caliente durante el tiempo que este encendido el fogón

Esto hace que se esté ahorrando energía principalmente gas, ya que la mayoría de las personas utilizan este sistema para poder bañarse, al tener este tipo de sistema permite que todo el día se esté ahorrando energía, ya que por un lado se esta cocinando alimentos, bien esta que se quema leña pero esta debe de sr la que se va cayendo de los arboles, es decir utilizar leña que se va a descomponer sin la necesidad de realizar tala de arboles, ahora bien el humo que se desprende es mínimo a comparación de otras fuentes que desprenden exceso de humo lo que hace que se esté dañando la capa de ozono

Tabla 1: Costos del material para la fabricación de un calentador

Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Tabique rojo	60	\$3	\$180
Placa metálica (60 x 50 cm)	1	\$200	\$200
Calentador a base de leña	1	\$800	\$800
Tubería y conexiones	10	\$20	\$200
Total			\$1,380

Los materiales de preferencia deben de ser lo mas sencillos posibles, pero que estén en buenas condiciones, para que el gasto no se a excesivo; se pueden conseguir algunas piezas en bodegas de fierro viejo



3 MÉTODOS

Construcción de calentador de agua a partir de un brasero (fogón)

Al contar con los materiales pasaremos a construir nuestro calentador

Para iniciar se debe de construir la parte donde va a quedar la lamina, la cual permitirá calentar nuestros alimentos, seguido se procede a colocar los tubos que su función es llevar el humo al calentador, después de colocar el tubo principal se deberá de colocar otro tubo el cual tendrá de función el hacer que el humo no se estanque, y tenga una salida al exterior



Figura 1. Calentador de agua instalado en función de un brasero (fogón).

El la figura 2 se muestra se como queda construido el fogón el cual tiene la función de calentar alimentos y a la ves el humo que desprende lo conduce a través de la tubería la cual esta conectada al calentador, lo cual con el calor generado permite que el agua se caliente para poder ser utilizada en el baño sin necesidad de utilizar gas

Hay que mencionar que la leña que se utiliza es la que se encuentra ya seca, la cual se va cayendo de los arboles; cabe mencionar que hay familias que de por si utilizan los braseros para cocinar sus alimentos, sin que le conecten este tipo de calentadores, ahora lo que se pretende es que no solo utilicen su brasero para cocinar, si no que le conecten al calentador para contribuir a ayudar al planeta

4 RESULTADOS

Para que la población pueda tener el recurso para crear este tipo de calentadores se deben de crear programas, en donde se les de una explicación de su funcionamiento, además de donde pueden obtener los materiales a un bajo costo, se pretende tener relación con el gobierno el cual le proporcione una ayuda para su construcción



Figura 2. Brasero o fogón

En la figura 3 se puede observar que se debe de conectar a la instalación tubos de escape para el buen funcionamiento del calentador; es decir, de esta forma

Se permite que el humo no se estanque dentro del fogón ni mucho menos del calentador



Figura 3. Tubos de escape del humo

5 CONCLUSIONES

Ya que se ha explicado como se elaboran este tipo de calentadores, se procede a explicar a la población en general, para que los empiecen a utilizar ya que cualquier tipo de clase en la sociedad lo pueda obtener debido a que no representa un gasto excesivo

6 REFERENCIAS

- [1] J. Tola, *temática ilustrada cre-ser*, editorial thema equipo editorial. S.A, 2004.
- [2] Blas García Altamirano comunicación personal (2011). Localidad Ejido la piña, Zentla, Ver.



CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO NO CONECTADO A LA RED

Rodolfo Barrientos Morales, Tadeo Urbina Gamboa, Carlos Fernando Cancino Nolasco, Estela Cuenca Álvarez.

Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos
Departamento de Ing. Eléctrica, Mecánica e Informática

rodolfo_barrientos@hotmail.com, ugamboat@gmail.com, ccancinon@hotmail.com, cuales@hispavista.com.

RESUMEN

En el presente artículo se desarrolla un sistema de corrección del factor de potencia para un sistema fotovoltaico no conectado a la red. La etapa de corrección del factor de potencia se desarrolla mediante convertidores CD-CD utilizando la técnica PWM para el control de los componentes de almacenamiento. También se mencionan otras topologías de convertidores CD-CD con las cuales es posible el diseño y la implementación de correctores del factor de potencia

ABSTRACT

This article develops a system of correction of the power factor for a photovoltaic system not connected to the network. The stage of correction of the power factor is developed through converters CD-CD using the PWM technique for the control of storage components. Also mentioned other topologies of converters CD-CD which it is possible the design and implementation of power factor Correctors

INTRODUCCION

En la actualidad se ha demostrado que el desarrollo de las llamadas energías alternativas, proporciona grandes beneficios económicos y de protección al medio ambiente. En el caso específico de la generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas, en México se han medido niveles de insolación media de 5 kWh/m², siendo uno de los más altos del mundo. Los sistemas fotovoltaicos son actualmente viables para sitios alejados de la red eléctrica y aplicable en electrificación y telefonía rural, bombeo de agua y protección catódica, entre otros usos. Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 dólares por kW instalado y de 0.25 a 0.5 dólares por kWh generado. Para el diseño de los componentes finales que integrarán un sistema fotovoltaico, se utilizan diversas técnicas que convergen a un mismo resultado; pero se ha observado que el "tipo de carga" conectado al sistema se considera igual en todos los casos. Con el desarrollo de la tecnología electrónica que ocupa dispositivos no lineales para su funcionamiento, se ha demostrado que distorsionan principalmente la señal senoidal de corriente en el sistema eléctrico, causando que existan diferentes perturbaciones en la red y producen bajos factores de potencia; que es una medida del grado de eficiencia del sistema eléctrico para el aprovechamiento de la energía. Dichas cargas "No lineales" deben de ser consideradas en el diseño del sistema fotovoltaico con el propósito de optimizar la vida útil del sistema de acumulación (Banco de baterías).



1. MARCO TEORICO

1.1 Factor de Potencia

Es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, de forma general es la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. El factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1, lo que significa que:



El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Matemáticamente, definimos al factor de potencia como la razón entre la potencia activa y la potencia aparente. La potencia activa cuyas unidades de medición son los Watts, es el producto del voltaje y la corriente activa en el circuito, mientras que la potencia aparente, cuyas unidades de medición son los Volts-Amperes, es el producto de los valores eficaces de voltaje y corriente en el circuito. La expresión matemática que define esto se muestra en la ecuación 1.1.

$$FP = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt}{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}} = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} \quad (1.1)$$

Podemos decir también que el factor de potencia también se define como el coseno del ángulo de defasamiento que existe entre la tensión y la corriente de entrada, sólo en un régimen sinusoidal permanente:

$$FP = \text{Cos } \theta \quad (1.2)$$

si la tensión de entrada no es senoidal, entonces la ecuación 1.2 es sustituida por:

$$FP = \frac{V_{ef} \cdot I_{ef1} \cdot \text{Cos } \theta}{V_{ef} \cdot I_{ef}} = \frac{I_{ef1}}{I_{ef}} \text{Cos } \theta = K_d \cdot K_\theta \quad (1.3)$$

donde k_d es el factor de distorsión y k_θ es el factor de desplazamiento. una definición pertinente es la distorsión armónica total, que es la medida de que tan distorsionada está la señal de la corriente de entrada:

$$DAT = \frac{\sqrt{I_{ef2}^2 + I_{ef3}^2 + I_{ef4}^2 + \dots + I_{efn}^2}}{I_{ef1}} \quad (1.4)$$

la fórmula nos indica que la distorsión armónica total es la raíz cuadrada de las suma de los cuadrados de los armónicos al cuadrado, dividido entre el valor eficaz de la componente fundamental. las definiciones anteriores nos dan una idea de la calidad de la forma de onda. la relación entre el factor de potencia y la distorsión armónica total es:



$$FP = \frac{\cos \theta}{\sqrt{1 + DAT^2}} \quad (1.5)$$

La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos.

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada equipos electromecánicos, por una mala Planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Además del incremento en el importe de la facturación, un bajo factor de potencia también deriva en los siguientes problemas:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores eléctricos.
- Desgaste prematuro de los conductores eléctricos
- Sobrecarga de transformadores y líneas de distribución.
- Incremento en caídas de voltaje.

Existen diversas técnicas [4][5][6] para conseguir factores de potencia cercanos a la unidad; sin embargo muchas de ellas resuelven ese problema, pero ocasionan otros tipos de disturbios en la red eléctrica y en el medio ambiente. Las técnicas mas usuales para la corrección del factor de potencia son:

- Banco de capacitores
- Filtros pasivos
- Filtros activos

En el caso de las soluciones activas se ha incorporado el uso de convertidores de CD/CD entre el puente rectificador y el filtro capacitivo, de tal manera que este convertidor sea el CFP, como se muestra en la figura 1.5. Para lograrlo, este convertidor deberá trabajar como un emulador de resistencias, es decir, que el convertidor tome una corriente de entrada proporcional a la tensión de entrada [1] [2] [3].

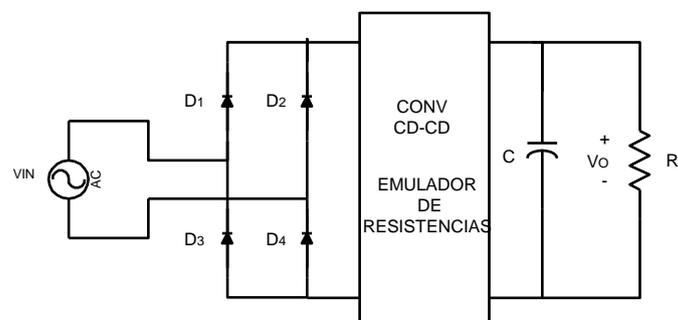


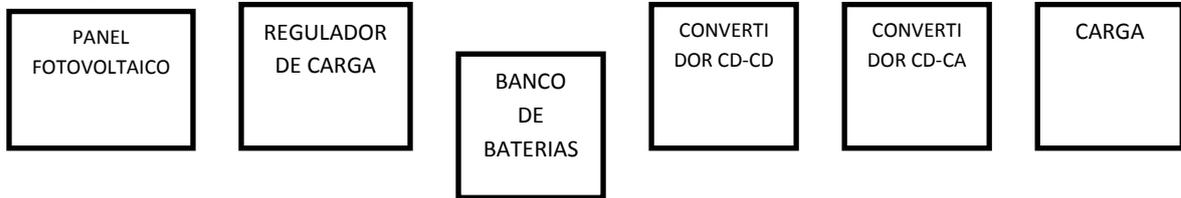
Figura 1.5. Solución activa: Convertidor CD/CD actuando como CFP.



2. SISTEMA FOTOVOLTAICO NO CONECTADO A LA RED



El esquema utilizado para la corrección del factor de potencia utilizando convertidores CD-CD es el siguiente:



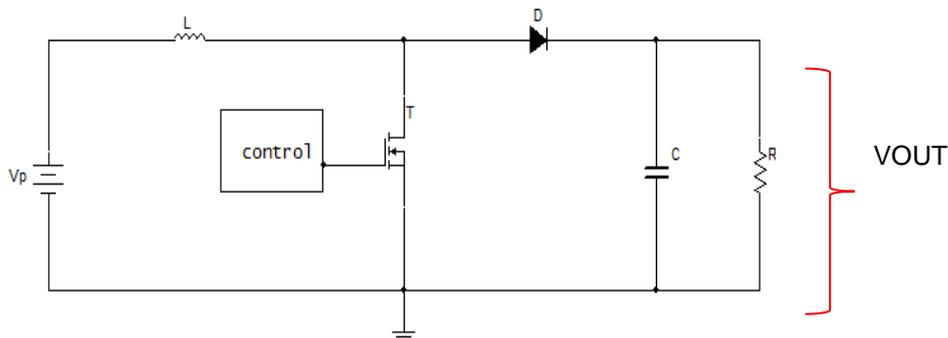
A continuación, se muestra en la siguiente tabla, un resumen de los convertidores que pueden ser usados como etapas correctores del factor de potencia [1] [2] [3] :

Tabla 1.1. Resumen comparativo de los convertidores CD/CD utilizados como correctores del Factor de Potencia.

	SIN AISLAMIENTO	CON AISLAMIENTO
➤ APTAS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ELEVADOR (BOOST). ✓ REDUCTOR-ELEVADOR (BUCK-BOOST). ✓ SEPIC. ✓ CUK. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ FLYBACK. ✓ CUK. ✓ SEPIC. ✓ CUASI-RESONANTES. ✓ MULTI-RESONANTES. ✓ RESONANTES.
➤ NO APTAS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ REDUCTOR. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ FORWARD. ✓ PUSH-PULL. ✓ PUENTE COMPLETO. ✓ MEDIO PUENTE.

2.1 DISEÑO DEL CONVERTIDOR CD-CD BOOST

La estructura interna del convertidor CD-CD boost es como la que se muestra en la figura:



Teniendo un arreglo de paneles fotovoltaicos que den como voltaje de salida 12V; se realizó el diseño para tener 24V en la entrada del inversor; por lo que se consideraron los siguientes datos:

VIN=12; VP=16.97; VOUT=24;FS=20KHZ;TS=50US;Po=25W;K=0.5

Realizando los cálculos [6] de los elementos del convertidor, se obtiene:



$$M = 1 - \frac{V_o}{V_p} = D$$

$$D = 1 - \frac{24}{16.97} = 0.2929 = 29.29\%$$

$$T_{on} = DTS = (0.2929)(50 \times 10^{-6}) = 14.64 \mu s$$

$$T_{off} = TS - T_{on} = 35.35 \mu s$$

$$I_{in} = \frac{P_{in}}{V_p} = \frac{25}{16.97} = 1.47 A$$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{25}{24} = 1.01 A$$

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{24}{1.01} = 23.76 \Omega$$

$$L = \frac{KRTS}{2} = 297 \mu H$$

$$R_{crit} = \frac{R_{nom}}{K_{crit}} = 24.24 A$$

$$R_{crit} > R_L = MCC$$

$$I_{PROM} = \frac{V_p DTS}{2L} = 418 mA$$

$$\Delta I_L = 2I_{PROM} = 836 mA$$

$$\Delta V_o = 0.25V_o = 6V$$

$$C = \frac{I_o DTS}{\Delta V_o} = 26.04 \mu F$$

$$I_{in} = \frac{V_o I_o}{V_{in}} = 1.42 A$$

$$I_{Lmax} = I_{in} + I_{prom} = 1.84 A.$$

$$I_{Lmin} = I_{in} - I_{prom} = 1.42 A$$

$$K_{crit} = (1 - D)^2 = 0.49 A$$

$$K > K_{crit} = MCC$$

$$R_{nom} = 2Lfs = 11.88 A$$



Modificando el ciclo de trabajo se realiza una tabla comparativa para verificar el modo de operación del convertidor Boost. Para que el convertidor Boost trabaje como corrector del factor de potencia, el modo de conducción debe de ser continuo (MCC).

Tabla 2.1. Tabla comparativa del ciclo de trabajo y el modo de conducción de convertidor Boost.

D	VOUT	KCRIT	RCRIT	MODO
10	18.85	0.81	14.66	MCD
20	21.21	0.64	18.56	MCD
30	24.24	0.49	24.24	MCC
40	28.28	0.36	33	MCC
50	33.94	0.25	47.52	MCC
60	42.42	0.16	74.25	MCC
70	56.56	0.09	132	MCC
80	84.85	0.04	297	MCC
90	169.7	0.01	1188	MCC

3. CONCLUSIONES

Los resultados de los cálculos indican que si es posible la implementación de un convertidor boost en el sistema fotovoltaico. También se observa que es posible obtener voltajes mayores de 24Vcd para la etapa del convertidor CD-CA (inversor) haciendo mayor el ciclo de trabajo. Se debe tener cuidado al modificar el ciclo de trabajo debido a que las corrientes del inductor, el interruptor y el diodo se incrementan conforme lo hace el ciclo de trabajo. Hasta el momento de la redacción del presente artículo se está construyendo físicamente el convertidor boost para sujetarlo a pruebas dentro del sistema fotovoltaico y obtener resultados sobre su operación.

4. RECOMENDACIONES

- Realizar el diseño de otras topologías correctoras del factor de potencia y comparar la eficiencia con respecto a la topología Boost.
- Aplicar diferentes técnicas de control del convertidor Boost.



Referencias

- [1] E. RODRÍGUEZ, J. ARAU R. "CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN CONMUTADOS", CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO CENIDET, CUERNAVACA MORELOS, MÉX.
- [2] J. Arau Roffiel. "Sistemas electrónicos para la corrección del factor de potencia", Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET, Cuernavaca Morelos, Méx., 2002.
- [3] M. L. Hernández Nieto, "Análisis comparativo entre las topologías BOOST, SEPIC y Cuk usadas como correctoras del factor de potencia", Tesis de Maestría, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET, Cuernavaca Morelos, Méx. Junio de 1995.
- [4] Sartori, H. C. ; Hey, H.L. ; Pinheiro, J.R.: An optimum design of PFC Boost Converters. En: Power Electronics and Applications, 2009. EPE '09. 13th European Conference on, 2009, p.1–10
- [5] C. K Tse . . : Circuit Theory of power factor correction in switching converters. En: International Journal of circuit Theory and applications Volume 31, 2003 .
- [6] Microchip AN1114; Switch Mode Power Supply (SMPS) Topologies (Part I)



TECNOLOGÍA ARDUINO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN ACUÍCOLA DEL ITESCO

Ted Echeverría Dionisio, Ma. Elizabeth Guerrero Sánchez, Mario A. López Cristóbal, Zuleima M. Cortez de la Cruz, Luis Ángel Martínez Santos.

Instituto Tecnológico Superior de Coahuila

ted_echeverria@ieee.org, eli_guessa@yahoo.com.mx, andadera_89@hotmail.com,
zulidar_2390@hotmail.com, l_ori_luis@hotmail.com

Resumen: Este trabajo se lleva a cabo en las Instalaciones del Centro de Investigación Acuícola del ITESCO, donde se está automatizando el edificio para disminuir el consumo de energía eléctrica, para ello se están utilizando paneles solares, sensores de humedad, temperatura, de luz y de movimiento, los cuales están siendo monitoreados por el sistema de control Arduino UNO que toma las decisiones de los climas y el sistema de iluminación de las lámparas tipo Led's. Con ello se busca un mejor uso de la energía y contribuir al medio ambiente.

Abstract: This work is carried out in the facilities Aquaculture Research Center ITESCO where the building is being automated to reduce power consumption and for this we are using solar panels, humidity sensors, temperature, light and motion , which are being monitored by the control system Arduino UNO decision maker of climates and illuminated lamp type LED's. This seeks the best use of energy and contributes to the environment.

1. INTRODUCCION

La energía es un elemento fundamental en la vida cotidiana. Tal es el caso que se puede generar de diferentes maneras, como por ejemplo la energía solar, hidráulica, eólica y entre muchas otras. Para generar energía eléctrica podrían utilizarse como fuentes alternativas la solar y la eólica, técnicamente es posible.

El problema que las infraestructuras actuales afectan la pequeña y mediana industrias, ya que giran alrededor de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón). Además, las infraestructuras para la generación y distribución de energía eléctrica constituyen uno de los factores significativos en la transformación de paisajes, y la producción energética es la principal fuerza generadora del calentamiento global.

Al cierre del 2011 (SENER, 2012), México contaba con una capacidad instalada de generación eléctrica de 61,770 mega watts (MW), con un crecimiento promedio anual del 2.4% de 2006 a 2011. En este último año la participación de las energías no fósiles represento 24.5%, lo que equivale a 15,163 (MW) en el periodo de referencias, el incremento promedio anual de dichas fuentes fue de 1.1%. La capacidad instalada eólica total es 387 veces mayor respecto a la de 2006, al pasar de 2 a 773 MW en febrero del 2012. En lo que respecta a la capacidad de generación hidráulica, en 2011 totalizo 11600 MW, de los cuales 99% fueron grandes hidroeléctricas y el 1% restante, pequeñas hidroeléctricas. Estas últimas triplicaron su capacidad instalada respecto a la de 2006; mientras que las grandes hidroeléctricas registraron un crecimiento de 8.4%.



Hoy en día tenemos el conocimiento, de cómo utilizar los recursos que nos ofrece la naturaleza (Milenio, 2011), una de ellas es la radiación solar, en México es de cinco kilowatts hora por metro cuadrado (kwh/m²), por lo que se ubica entre los cinco países con mayor potencial para explotar esta fuente de energía sustentable. Así lo publicó el 21 de febrero de 2012, Enrique Caldera en su ponencia "Panorama mundial de la energía". Es por ello que hemos creado una estrategia de cómo utilizar estas nuevas eco tecnologías para el ahorro de energía y contribución al medio ambiente, una de estas estrategias es utilizar sistemas fotovoltaicos (ANES, 2012).

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. El objetivo de un sistema de control es gobernar la respuesta del sistema controlado sin que deba intervenir directamente un operario.

Este sistema se ha desarrollado para utilizar paneles solares como fuente de energía para la automatización del centro de Investigación Acuícola del ITESCO y utilizar energía limpia para el cuidado del medio ambiente. Así como utilizar el Arduino UNO para el sistema de control y para el monitoreo de los diferentes sensores.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

Para la realización del sistema, se ha decidido instalarlo en el Centro de Investigación Acuícola ya que es un área muy importante para la institución. Se realizó la recopilación del consumo energético de cada uno de los dispositivos que actualmente se encuentran instalados en el Centro de Investigación.

Se observó que utilizan 16 lámparas fluorescentes que consumen 75 Watts y permanecen encendidas la mayor parte del día y también se tiene un aire acondicionado que de igual forma se encuentra encendido durante las horas laborales de 7 am a 9 pm y no se tiene un control sobre estos equipos.

Con la información que recopilada se pudo observar que la energía se desperdicia por no darle un uso adecuado y por lo tanto afecta a que el Centro de Investigación consuma demasiada energía eléctrica.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para dar una solución al desperdicio de energía eléctrica y poder disminuir el consumo energético, se consideró remplazar las lámparas fluorescentes por lámparas con tecnología Led's de 20 Watts cada una en tipo T-8, al compararla con una lámpara convencional esta representan un ahorro de energía del 25%.

En figura 1 se muestra el diagrama a bloques que se utiliza para la automatización, el cual está compuesto por las diferentes etapas como lo son la parte de panel solar, la batería, el control, la etapa de potencia, Inversor y los sensores.

El funcionamiento del sistema consiste en trabajar con Energía Sustentable en este caso con Energía Solar, esta es captada por el panel solar que será almacenada en un



banco de batería de 12 volts y para poder tener una carga eficiente de la batería se utiliza un control de carga de batería. A su vez este alimentara a los diferentes sensores, al sistema de control y a la etapa de potencia. Los sensores que se están utilizando son: sensor de movimiento, temperatura, luz y humedad (Ren. C, 2009).

El sensor principal es el de movimiento ya que pone en funcionamiento a todo el sistema, en caso de detecte movimiento es porque se encuentra una persona y esté se activa mandando una señal a la tarjeta de control Arduino UNO y este monitoreará el sensor de Luz para determinar si hay suficiente luz en el edificio del Centro de Investigación (Wayne T., 1996), dependiendo de la acción a realizar la señal de salida del Arduino UNO pasara por la etapa de potencia que a su vez activará al inversor para poder activar o desactivar las lámparas tipo Led's en el interior del edificio. También se cuenta con el sensor de temperatura y de humedad, estos dos mandaran una señal al sistema de control Arduino UNO para que este determine si es necesario encender o apagar el aire acondicionado del Centro de Investigación.



Fig. 1. Diagrama general de la automatización del Centro Acuícola del ITESCO.

3.1 panel solar

Para esta primera etapa se están utilizando paneles solares de la marca ERDM 135SP6 de 135 Watts a 20 volts. Este tipo de panel es suficiente para las primeras pruebas del sistema unas vez concluidas se utilizaran paneles de 240 Watts, alrededor de 42 paneles para generar 10kW de potencia y cambiar el sistema de aislado a un sistema de interconexión a la red de CFE (Lisa K., 1999). En la figura 2 se ilustra el panel solar utilizado para la primera etapa del sistema.



Fig. 2. Panel Solar ERDM 135SP6 de 135W a 20V.

3.2 Controlador de carga y batería

El controlador de carga de la batería es el Steca PRS1515 de 15 A, este nos sirve para hacer un uso eficiente de la carga de la batería y con ellos también proteger la batería cuando se encuentre al 100% cargada, y con ello no dañar a la batería cuando está completamente cargada y el panel le siga suministrando voltaje. La batería que empleada para las primeras pruebas es Surrerte Rolls 27HT105. En la figura 3 se muestra la batería y el controlador de la misma.



Fig. 3. Controlador de carga Steca PRS1515 de 15 A

3.3 sensor de movimiento, luz, temperatura y humedad

En esta etapa se encuentran los diferentes sensores como los son de movimiento que es uno de los principales ya que actuara como una llave electrónica para poner en funcionamiento el sistema y a los otros sensores, para estas pruebas se utilizó un sensor infrarrojo de movimiento (PIR) para pared, con brazo de instalación multi-ajustable. En la figura 4 se muestra en sensor de movimiento empleado en esta primera etapa.



Fig. 4. Sensor infrarrojo de movimiento (PIR) para pared.

Para el sensor de Luz se utiliza dos fotoresistencias LDR una para el interior y el exterior del edificio, su función es mandar la información al Arduino UNO y este tome la decisión en qué momento es recomendable encender las lámparas tanto interiores como exteriores, es decir que cuando oscurezca las lámparas interiores se enciendan y se apaguen a cierta hora de la noche cuando del personal haya dejado de laborar como tiempo máximo a las 23 hrs. Y el sensor de luz exterior para encender las lámparas exteriores cuando no haya luz y pagarlas por la mañana cuando se haya la luz solar. En la figura 5 se muestra la fotoresistencia utilizada en el sensor de luz.



Fig. 5. Celda fotoresistiva (Fotoresistencia) de 2 MOhms en la oscuridad y 50 KOhms máximos.

Sensor de temperatura y humedad se utiliza el HMZ-433A1 que tiene integrado los dos sensores en el mismo encapsulado, este mandara la información al sistema de control cuando se encuentre activado el sensor de movimiento para que el Arduino UNO decida si encender o apagar el aire acondicionado dependiendo la temperatura y la humedad del interior del edificio (agspecinfo, 2012). En la figura 6 se muestra el sensor de temperatura y de humedad empleado.

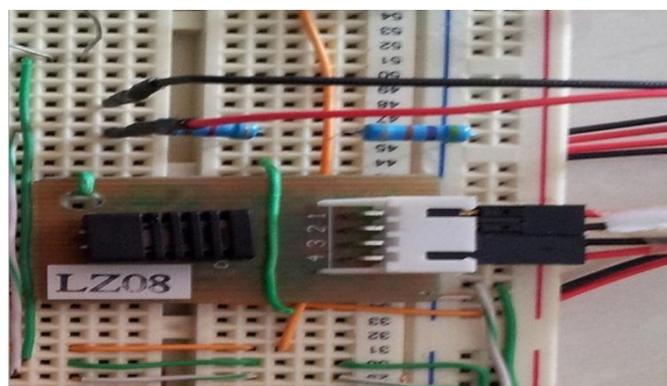


Fig. 6. Sensor de temperatura y humedad HMZ-433A1.

3.4 Sistema de control

Para el sistema de control se utiliza el Arduino UNO R3 que es un módulo que se basa en el microcontrolador ATmega328, el cual tiene 14 entradas/salidas, de las cuales 6 se pueden usar como PWM, 6 salidas analógicas, un cristal de 16 MHz, una conexión USB, un jack de alimentación, un botón de reset y un "header" ICSP (Arduino). El Arduino UNO se encarga automatizar el centro de Investigación Acuícola al monitorear los diferentes sensores como es el de movimiento, de luz, temperatura y humedad, dependiendo los estamos de los sensores este decidirá si enciende las luz tanto en interior como exterior así también del encendido y apagado del aire acondicionado. La figura 7 ilustra el sistema Arduino UNO.

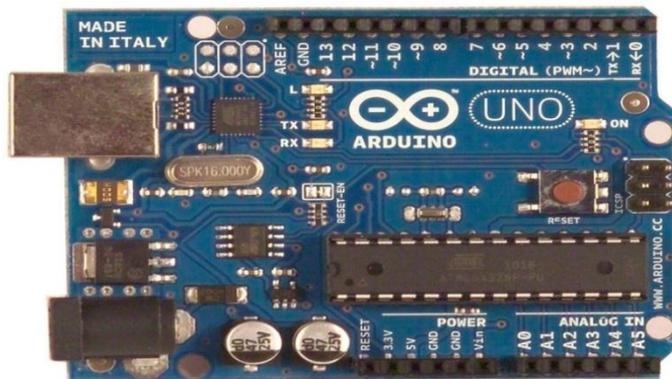


Fig. 7. Arduino UNO R3 empleado para el sistema de control para Automatización del Centro de Investigación del ITESCO.

3.5 Etapa de potencia

La etapa de potencia es la parte final del sistema y es la encargada de contener a la carga eléctrica que se va a controlar. Para esta etapa se utilizaron dispositivos de estado sólido (Jimmie, 2006) que son los ideales por no presentar desgastes al no contener partes mecánicas y con ello un tiempo de vida más largo. Los componentes que integran esta placa son un optoacoplador Moc 3011 y el triac MAC12D, estos últimos se pueden seleccionar de una diferente gama de Amperajes y con ello tener una salida de mayor potencia para los diferentes tipos de cargas eléctricas conectadas como sería el clima y las luminarias tipo Led's tanto para el interior como para el exterior. En la figura 8, se muestra físicamente la etapa de potencia implementadas en el sistema.

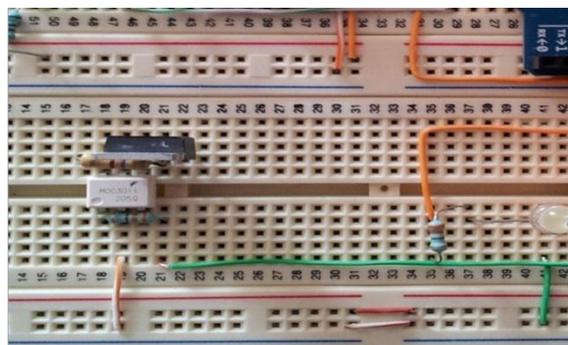


Fig. 8. Etapa de potencia utilizada en el sistema.



3.6 Etapa del inversor

Para el sistema se utilizó un inversor Power Bright de 400W/12V, este se utiliza solamente para alimentar a las lámparas tipo Led's de 20 W, en la figura 9 se muestra el inversor utilizado.

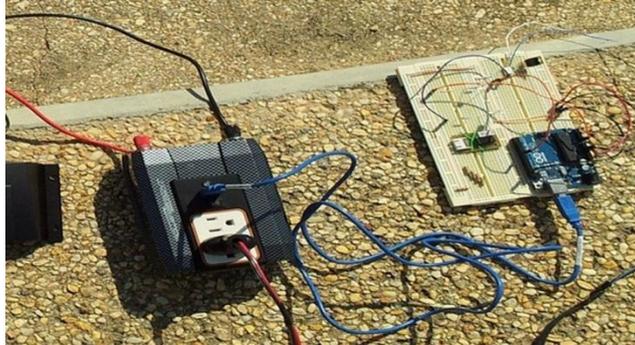


Fig. 9. Inversor Power Bright de 400W/12V

3.7 Lámparas Led's.

Las lámparas Led's que sustituyen a las lámparas fluorescentes de 75 Watts son de Led's T-8 de 20Watts, en la figura 10 se ilustran este tipo de lámpara.



Fig. 10. Lámparas Led's T-8 de 20 Watts.

4. PRUEBAS DEL SISTEMA

Para la realización de las primeras pruebas del sistema se realizó la instalación del panel solar con el controlador de carga y la batería, en la figura 11 se observa la instalación del panel solar, el controlador de carga y la batería.



Fig. 11 Conexión del panel solar con el controlador y la batería.

En la figura 12 se ilustra los sensores que se utilizaron como es el sensor de movimiento, de luz, temperatura y de humedad.

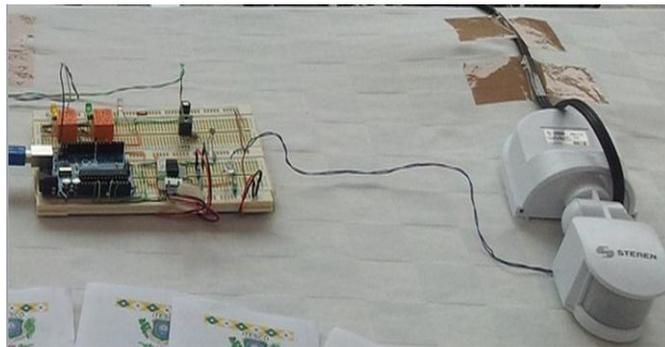


Fig. 12. Pruebas del sensor de movimiento, luz, temperatura y de humedad

Para el sistema de control se realizó la programación del Arduino UNO y los resultados fueron exitosos, El sensor de luz al detectar oscuridad manda la información al Arduino el cual toma la decisión de encender el foco. En la figura 13 se puede observar el encendido del foco.

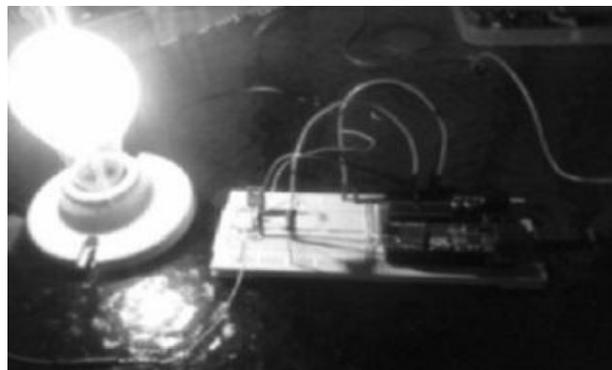


Fig.13. Encendido del foco cuando el sensor manda la información al Arduino UNO para el encendido.

En la figura 14 se puede observar el sistema del control de carga, la parte de control, del inversor y la batería.



Fig. 14. Sistema de control de carga, Arduino, inversor y batería.

En la figura 15 se muestra la parte de control del Arduino con los diferentes sensores como el de luz, temperatura y humedad, así como la etapa de potencia en estado sólido y los led's indicadores.

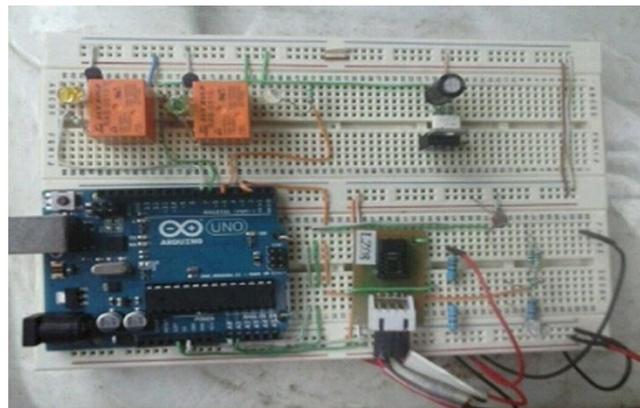


Fig. 15. Sensores, etapa de potencia y control.

Por último en la figura 16 se muestra el montaje final del sistema funcionando en su primera etapa con un sistema aislado para la realizar la parte de la automatización del Centro de Investigación Acuícola.





Fig. 16. Montaje del sistema aislado para la Automatización del Centro de Investigación Acuícola del ITESCO.

5. CONCLUSIONES

Se realiza una automatización de las dos principales variables a controlar como lo son la luz y el aire acondicionado, todo esto alimentado energía sustentable como lo es la energía solar.

Se utiliza el Arduino UNO como control de la automatización y presentando resultados confiables en la validación de los datos por los sensores.

Con la realización de este sistema se contribuye de manera significativa a mejorar el medio ambiente y con ello fomentar el uso de la utilización de la energía limpia en la comunidad Tecnológica y de la Zona Sur del Estado de Veracruz.

6. REFERENCIAS

1. Jimmie J. Cathey; *Dispositivos Electrónicos y circuitos*; Editorial: Mc Graw Hill, 2006
2. González Vázquez José Adolfo, "Introducción a los Microcontroladores", edit. Mc Graw Hill, pp.183 211, 1992.
3. Ren C. Luo, Tung Y. Lin, Kuo L. Su, "Multisensor based security robot system for intelligent building", *Robotics and Autonomous Systems* 57 (2009) 330_338.
4. Wayne Tomasi, "Sistema de Comunicaciones Electrónicas", edit. Prentice Hall, pp. 9-33, 457-462, 1996.
5. Lisa Krueger. 1999. «Overview of First Solar's Module Collection and Recycling Program, *Brookhaven National Laboratory*. p.23. Consultado en Agosto 2012.



1.5 ELÉCTRICA

MODELADO Y ANÁLISIS ARMÓNICO DEL GENERADOR DE INDUCCIÓN DOBLEMENTE ALIMENTADO

Emmanuel Hernández Mayoral, Manuel Madrigal Martínez
Instituto Tecnológico de Morelia
emanuel.mayoral7@gmail.com, manuelmadrigal@ieee.org

Resumen—En este artículo se desarrolla un modelo de la máquina de inducción doblemente alimentada para estudios armónicos en estado estable. Este modelo está basado en el bien conocido modelo de la máquina de inducción en estado estable, considerando fuentes de voltaje no-senoidales en el estator y rotor de la máquina. Los resultados obtenidos con el modelo propuesto son validados con los obtenidos en mediciones reales de laboratorio y con un modelo completo de la máquina de inducción para estudios transitorios.

Abstract—This paper develops a doubly-fed induction machine model for steady-state harmonic studies. The model is based on the well-known steady-state induction machine model, considering a general non-sinusoidal voltage sources in the stator and rotor side of the machine. The results obtained with proposed model, match with those obtained from real lab measurements and with a complete induction machine model for transient studies.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se presentan problemas de resonancia en las redes de los parques eólicos, en la estación del colector, etc., por esa razón se realizan estudios armónicos en redes eléctricas, con considerable penetración de energía eólica [1], [2], [3]. Los parques eólicos son básicamente representados por tres secciones: la estación del colector, la red de distribución y los aerogeneradores. La estación del colector comprende el transformador de potencia y bancos de capacitores. La red de distribución comprende un número determinado de cables de potencia los cuales interconectan el aerogenerador con la estación del colector; y el aerogenerador que comprende un transformador, la turbina y la máquina rotatoria donde la más común es la máquina de inducción doblemente alimentada (DFIG). El análisis armónico es un estudio en estado estable que requiere un modelo confiable de la red, en este caso serán los modelos de: líneas de transmisión que interconectan la estación del colector con la red de transmisión, el transformador de la estación del colector, bancos de capacitores, cables de potencia de la red de distribución del parque eólico, transformador del aerogenerador y el DFIG. Para todos estos elementos mencionados ya existen buenos modelos para el análisis armónico [4], [5], excepto para el DFIG el cual es una máquina de inducción trifásica de rotor devanado alimentada desde el estator y rotor. Los devanados del rotor son alimentados con una fuente de voltaje de amplitud y frecuencia controlables por medio del convertidor electrónico de potencia. En los 60's una de las preocupaciones del uso de la electrónica de potencia en las máquinas de inducción fueron las pérdidas en el motor y los efectos en las pulsaciones de torque y de velocidad de la maquina [6], Ahora la preocupación va más allá con la aplicación de la electrónica de potencia a base de granjas eólicas en DFIG's y sus efectos armónicos en la red eléctrica.

Existen publicaciones acerca de la máquina de inducción trabajando como motor [7] para estudios dinámicos y en estado estable a frecuencia fundamental. Uno de los primeros modelos en estado estable del motor de inducción para estudios armónicos y de flujos es presentado en [8]. Un modelo

en estado estable para el análisis de la influencia de las armónicas en el motor cuando se incrementa la temperatura es presentado en [9]. En [10] se presenta un modelo armónico del motor de inducción alimentado por ambos lados del motor, estator y rotor. En [11] se presenta un estudio del motor de inducción en estado estable obteniendo el circuito equivalente armónico, deslizamiento armónico y el torque electromecánico. Uno de las primeras publicaciones acerca del análisis armónico de un generador de inducción de doble salida es presentado en [12], dando una clara explicación acerca de la respuesta de la máquina bajo condiciones armónicas. Tan pronto como la máquina de inducción fue doblemente alimentada y usada como generador, el concepto cambió, comportándose como un generador de inducción doblemente alimentado, también conocido como DFIG. Existen varias publicaciones acerca del DFIG para estudios de flujo, disturbios en la red, estudios de estabilidad, estudios de resonancia, etc., pero muy pocas para estudio de propagación de armónicas. En [13] se presenta un resumen de los más importantes problemas con respecto a las armónicas en plantas de generación eólica. En [14] se presenta el impacto del efecto del banco de capacitores en la red eléctrica a frecuencias de resonancia y la amplificación del voltaje armónico en el bus colector. Pero con respecto al modelo armónico del DFIG muy pocas publicaciones han sido hechas. En [15] se propone un método numérico para calcular las corrientes armónicas del estator y rotor generadas por el inversor del DFIG. En [16] se presenta un modelo unificado del DFIG donde se consideran fuentes de voltaje no senoidales en el estator y rotor de la máquina de inducción. Pocos años después, los mismos autores de [16] desarrollaron en [17], un análisis armónico del DFIG considerando fuentes de voltaje no senoidales en el rotor y fuentes de voltaje desbalanceadas en el estator analizando las corrientes armónicas en el estator. La literatura presentada carece de modelos para el DFIG, por esa razón creemos que esta publicación va más allá en el modelado del DFIG para el análisis armónico.

2. MODELO DINÁMICO DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN SIMÉTRICA

La Fig. 1 muestra el modelo de la máquina de inducción trifásica simétrica [7]. Esta máquina de inducción con rotor jaula de ardilla es usada en muchas aplicaciones industriales donde hoy en día el rotor devanado es parte del aerogenerador más popular, el DFIG.

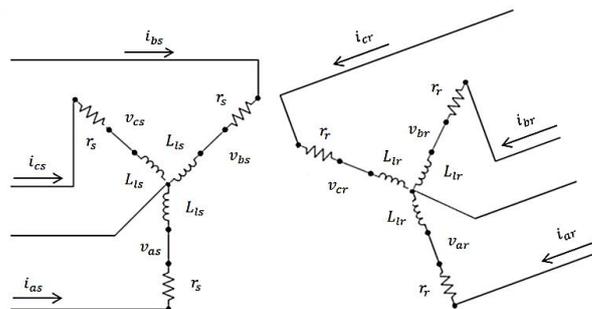


Fig. 1. Máquina de inducción trifásica simétrica conectada en estrella.

Las ecuaciones de estado que describen el comportamiento de la máquina simétrica están dadas por [7]:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} p\mathbf{i}'_{abcs} \\ p\mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{L}_S & \mathbf{L}'_{sr} \\ \mathbf{L}'_{sr^T} & \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{r}_S & p\mathbf{L}'_{sr} \\ p\mathbf{L}'_{sr^T} & \mathbf{r}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abcs} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \mathbf{L}_S & \mathbf{L}'_{sr} \\ \mathbf{L}'_{sr^T} & \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_{abcs} \\ \mathbf{V}'_{abcr} \end{bmatrix} \quad (1)
 \end{aligned}$$



El apostrofe ´ significa que todas las cantidades están referidas al estator y p es el operador derivativo. Y \mathbf{v}_{abc} , \mathbf{v}'_{abc} son los voltajes de fase del estator y rotor en volts, respectivamente. \mathbf{i}_{abc} , \mathbf{i}'_{abc} son las corrientes de fase del estator y rotor en amperes, respectivamente. \mathbf{r}_s , \mathbf{r}'_r son las resistencias del estator y rotor en ohm. L_{ls} , L_{lr} son las inductancias de fuga del estator y rotor en henrios. El torque eléctrico desarrollado por la maquina está dado por:

$$T_e = -\frac{P}{2} L_{ms} \left\{ \left[i_{as} \left(i'_{ar} - \frac{1}{2} i'_{br} - \frac{1}{2} i'_{cr} \right) + i_{bs} \left(i'_{br} - \frac{1}{2} i'_{ar} - \frac{1}{2} i'_{cr} \right) + i_{cs} \left(i'_{cr} - \frac{1}{2} i'_{br} - \frac{1}{2} i'_{ar} \right) \right] \right. \\ \left. + \frac{\sqrt{3}}{2} \left[i_{as} (i'_{br} - i'_{cr}) + i_{bs} (i'_{cr} - i'_{ar}) + i_{cs} (i'_{ar} - i'_{br}) \right] \cos \theta_r \right\} \quad (2)$$

Donde P es el número de polos de la máquina y θ_r es el desplazamiento angular en rads. Además la velocidad angular ω_r de la máquina, en rad/seg está dada por:

$$p\omega_r = \frac{P}{2J} (T_e - T_m) \quad (3)$$

$$p\theta_r = \omega_r \quad (4)$$

Donde T_m es el torque mecánico en N·m y J en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ es la inercia del rotor conectada a la red [7]. La solución de las ecuaciones (1-4) obtiene las respuestas dinámicas de corrientes, velocidad angular y desplazamiento angular de la máquina de inducción. Las matrices \mathbf{r}_s , \mathbf{r}'_r , \mathbf{L}_s , \mathbf{L}'_r son constantes, las matrices \mathbf{L}'_{sr} y $p\mathbf{L}'_{sr}$ dependen del ángulo de desplazamiento del rotor θ_r .

La relación entre la velocidad angular ω_r con la velocidad mecánica ω_{rm} en rev/ min de la maquina está dada por,

$$\omega_{rm} = \frac{60}{\pi P} \omega_r \quad (5)$$

La ec. (1) es obtenida y descrita en el Apéndice A.

3. MODELO EN ESTADO ESTABLE DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN DOBLEMENTE ALIMENTADA A FRECUENCIA FUNDAMENTAL

Una configuración general de una máquina de inducción usa rotor devanado con anillos deslizantes para transmitir corriente entre las fuentes de voltaje del estator y rotor; ésta máquina tiene un bien adaptado modelo en estado estable, con todos los parámetros referidos al estator, descrito por el circuito de la Fig. 2 [7].

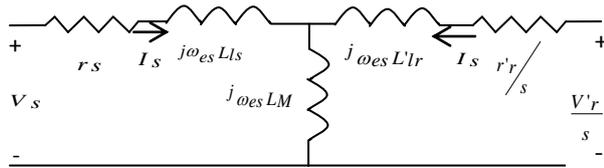


Fig. 2. Circuito equivalente en estado estable de la máquina de inducción.

La ecuación que describe al circuito equivalente está dado por,

$$\begin{bmatrix} V_s \\ \frac{V_r}{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s + j\omega_{es}(L_{ls} + LM) & j\omega_{es}LM \\ j\omega_{es}LM & \frac{r_r}{s} + j\omega_{es}(L_{lr} + LM) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (6)$$

Donde $\omega_{es} = 2\pi f_{es}$ es la frecuencia angular eléctrica y f_{es} es la frecuencia de la fuente de excitación en el estator. V_s y V_r son los voltajes fasoriales del estator y rotor, I_s y I_r son las corrientes fasoriales del estator y rotor respectivamente, y L_M es la inductancia de magnetización dada por $L_M = \frac{3}{2} L_{ms}$. Y s es el deslizamiento definido como,

$$s = \frac{\omega_{es} - \omega_r}{\omega_{es}} \quad (7)$$

Los valores de deslizamiento describen la operación de la máquina de inducción como sigue: es positivo si $\omega_{es} > \omega_r$ esto significa que la máquina está trabajando como motor, es negativo si $\omega_{es} < \omega_r$ cuando la máquina está trabajando como generador, es uno si $\omega_r = 0$, esto sucede cuando la máquina tiene el rotor bloqueado y trabaja como un transformador y finalmente es cero si $\omega_{es} = \omega_r$ cuando la máquina está rotando pero el torque es cero (sin carga). Si el rotor está en cortocircuito, una corriente es inducida en el rotor con una frecuencia angular $\omega_{er} = \omega_{es} - \omega_r$ o a una frecuencia eléctrica de $f_{er} = \frac{\omega_{er}}{2\pi}$. Esta frecuencia puede ser expresada como una función del deslizamiento y la frecuencia del estator,

$$f_{er} = s f_{es} \quad (8)$$

Y viceversa, si el rotor es alimentado con una fuente a una frecuencia f_{er} ésta inducirá una corriente en el estator a una frecuencia $f_{es} = \frac{f_{er}}{s}$. Esto es importante cuando la máquina de inducción es doblemente alimentada, por ejemplo, si la máquina tiene un deslizamiento de 0.1 y es alimentada por el estator a una frecuencia de 60 Hz, ésta inducirá una frecuencia de 6 Hz en el rotor, y si el rotor es también alimentado con una fuente de 7 Hz, ésta inducirá una frecuencia de 70 Hz en el estator. Así que el estator tendrá una corriente con dos componentes, una a 60 Hz y la otra a 70 Hz, y el rotor tendrá una a 6 Hz y otra a 7 Hz. Ésta es la razón por la cual el circuito equivalente de la Fig. 2 debe ser usado cuidadosamente porque es válido solo si ambas fuentes tienen la misma frecuencia, es decir, la fuente del rotor tiene una frecuencia de $s f_{es}$ Hz. Es común



que una máquina de inducción doblemente alimentada, con una frecuencia constante en el rotor, induzca diferentes frecuencias en el estator dependiendo de la operación de la máquina, es decir, dependiendo del valor de s de la máquina. Esas frecuencias inducidas en el estator no son armónicas, ya que ellas no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental f_{es} . Por eso, (6) es válido solo si la frecuencia de la fuente de voltaje en el rotor tiene una frecuencia igual a $s f_{es}$. Por esas razones se debe analizar la máquina de inducción doblemente alimentada usando superposición, como se muestra en la siguiente subsección.

3.1 Efectos de la máquina de inducción alimentada por estator

Considerando que la máquina de inducción doblemente alimentada es excitada por el estator con una fuente de voltaje V_s de frecuencia f_{es} , y el rotor en corto-circuito. La ecuación que describe al sistema está dada por,

$$\begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s + j\omega_{es}(L_{ls} + L_M) & j\omega_{es}L_M \\ j\omega_{es}L_M & r'_r/s + j\omega_{es}(L'_{lr} + L_M) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I'_r \end{bmatrix} \quad (9)$$

La solución de (9) obtiene las corrientes fasoriales, es decir, $I_s = |I_s| \angle \vartheta_s$ y $I'_r = |I'_r| \angle \vartheta_r$. Sus representaciones en el dominio del tiempo, en sus respectivos devanados son,

$$\begin{aligned} i_s &= |I_s| \cos(\omega_{es}t + \vartheta_s) \\ (10) \\ i_r &= |I'_r| \cos(s\omega_{es}t + \vartheta_r - \vartheta_{ef}) \end{aligned}$$

Donde ϑ_{ef} es el ángulo de fase entre el rotor y el estator en estado estable. Esto puede ser obtenido de la relación entre la velocidad angular y el desplazamiento angular [7], es decir, $\theta_r = \int_0^t \omega_r(\xi) d\xi + \theta_r(0)$ donde en estado estable resultan en $\theta_r = \omega_r t + \vartheta_{ef}$ y luego,

$$\vartheta_{ef} = \omega_r t - \vartheta_r \quad (11)$$

Se debe notar que ϑ_r y $\omega_r t$ se incrementan con el tiempo, pero la diferencia entre ellos, es decir, ϑ_{ef} es constante en estado estable.

3.2 Efectos de la máquina de inducción alimentada por rotor

Considerando que la máquina de inducción doblemente alimentada es excitada por el rotor con una fuente de voltaje V_r de frecuencia f_{er} , y el estator en corto-circuito. Ésta máquina tiene un bien adaptado modelo en estado estable, con todos los parámetros referidos al rotor, descrito por el circuito de la Fig. 3.

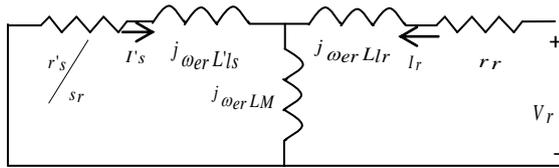


Fig. 3. Circuito equivalente en estado estable de la máquina de inducción vista desde el rotor.

La ecuación que describe al sistema está dada por (vista desde el rotor),

$$\begin{bmatrix} 0 \\ V_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r'_s + j\omega_{er}(L'_{ls} + LM) & j\omega_{er}LM \\ j\omega_{er}LM & r_r + j\omega_{er}(L'_{lr} + LM) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I'_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (12)$$

Ya que el rotor está en movimiento, el deslizamiento visto desde el rotor está dado por,

$$s_r = \frac{\omega_{er} + \omega_r}{\omega_{er}} \quad (13)$$

Un simple análisis verifica la ec. (13), por ejemplo, si el rotor es alimentado con una frecuencia $\omega_{er} = s \omega_{es}$ y de (7) tenemos que $\omega_r = \omega_{es}(1-s)$ entonces (13) resulta en $s_r = 1/s$, es decir, la frecuencia inducida en el estator es $f_{es} = s_r f_{er} = f_{er}/s$ la cual está de acuerdo con (8). La solución de (12) obtiene las corrientes fasoriales, es decir, $I'_s = |I'_s| \angle \vartheta_s$ y $I_r = |I_r| \angle \vartheta_r$. Sus representaciones en el dominio del tiempo, en sus respectivos devanados son,

$$\begin{aligned} i_r &= |I_r| \cos(\omega_{er} t + \vartheta_r) \\ (14) \\ i_s &= |I'_s| \cos(s_r \omega_{er} t + \vartheta'_s + \vartheta_{ef}) \end{aligned}$$

Y la solución completa para una máquina de inducción doblemente alimentada está dada por la suma de los dos efectos, es decir,

$$\begin{aligned} i_s &= |I_s| \cos(\omega_{es} t + \vartheta_s) + i_s = |I'_s| \cos(s_r \omega_{er} t + \vartheta'_s + \vartheta_{ef}) \\ (15) \\ i_r &= |I_r| \cos(\omega_{er} t + \vartheta_r) + i_s = |I'_r| \cos(s \omega_{es} t + \vartheta'_r - \vartheta_{ef}) \end{aligned}$$

Se debe notar que ambas corrientes son senoidales solo si la fuente de voltaje en el rotor tiene una frecuencia de $f_{er} = s f_{es}$ por ejemplo, si una máquina de inducción doblemente alimentada de 4 polos está operando a 1620 rev/min con una fuente de voltaje de 60 Hz en el estator y una fuente de voltaje en el rotor de 6 Hz, entonces tendremos que $\omega_{es} = 377$ rad y $\omega_{er} = 37.7$ rad, de (5), (7) y (13) tenemos $\omega_r = 339.3$ rad, $s=0.1$ y $s_r = 10$, respectivamente. Luego, la frecuencia inducida en el rotor (por el estator) es $60 \times 0.1 = 6$ Hz, y la frecuencia inducida en el estator (por el rotor) es $6 \times 10 = 60$ Hz, en este caso el estator y el rotor tienen una sola frecuencia, 6 y 60 Hz, respectivamente. Pero si la fuente de voltaje en el rotor es de 9 Hz, entonces $\omega_{er} = 56.5$ rad, y $s_r = 7$, luego la frecuencia



inducida en el rotor será $60 \times 0.1 = 6$ Hz, y la frecuencia inducida en el estator será de $9 \times 7 = 63$ Hz, en este caso el rotor tendrá dos frecuencias 9 y 6 Hz y el estator de 60 y 63 Hz.

4. MODELO EN ESTADO ESTABLE DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN DOBLEMENTE ALIMENTADA A FRECUENCIAS ARMÓNICAS

Las armónicas en la máquina de inducción doblemente alimentada pueden ser generadas en ambos lados, armónicas en la fuente de voltaje del estator con frecuencias $f_{sh} = h f_{es}$ y armónicas en la fuente de voltaje del rotor con frecuencias $f_{rh} = h f_{er}$, donde h es un entero. Pero las frecuencias inducidas en el rotor, debido a las armónicas en el estator, no son armónicas de la frecuencia fundamental del rotor y viceversa.

4.1 Efectos de la máquina de inducción alimentada por estator

Considerando que la máquina es excitada por el estator con una fuente armónica de voltaje a frecuencia $h f_{es}$ y el rotor en corto-circuito. Esta máquina tiene un bien adaptado modelo en estado estable [9], con todos los parámetros referidos al estator, descrito por el circuito de la Fig. 4

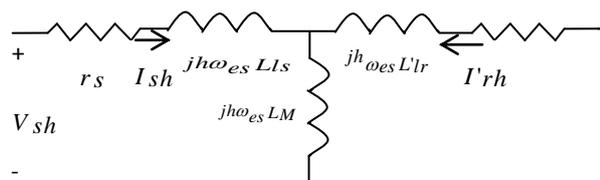


Fig. 4. Circuito equivalente armónico estado estable de máquina de inducción.

Luego, la ecuación que representa al circuito es,

$$\begin{bmatrix} V_{sh} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s + jh\omega_{es} (L_{ls} + LM) & jh\omega_{es} LM \\ jh\omega_{es} LM & \frac{r'_r}{s_h} + jh\omega_{es} (L'_{lr} + LM) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{sh} \\ I'_{rh} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Donde

$$s_h = \frac{\pm h\omega_{es} - \omega_r}{\pm h\omega_{es}} \quad (17)$$

El signo (+) es usado para secuencia positiva y (-) para secuencia negativa. En este caso el comportamiento de las armónicas de secuencia positiva son $h = 3k + 1$ y negativos $h = 3k - 1$ para $k = 1, 2, 3, \dots$ donde las armónicas más comunes son 5, 7, 11, 13, 15, 17, ... conocidas como armónicas características. La solución de (16) obtiene las corrientes fasoriales, es decir, $I_{sh} = |I_{sh}| \angle \vartheta_{sh}$ y $I'_{rh} = |I'_{rh}| \angle \vartheta_{rh}$. Sus representaciones en el dominio del tiempo, en sus respectivos devanados son,



$$i_{sh} = |I_{sh}| \cos(h \omega_{es} t + g_{sh}) \quad (18)$$

$$i_{rh} = |I'_{rh}| \cos(s_{rh} h \omega_{es} t + g'_{rh} \mp g_{ef})$$

Donde (+) es secuencia positiva y (-) secuencia negativa.

4.2 Efectos de la máquina de inducción alimentada por rotor

Considerando que la máquina de inducción es excitada por el rotor con una fuente armónica de voltaje con frecuencia de $h f_{er}$ y el estator en corto-circuito. Esta máquina tiene el siguiente circuito equivalente con todos los parámetros referidos al rotor, como se muestra en la Fig. 5.

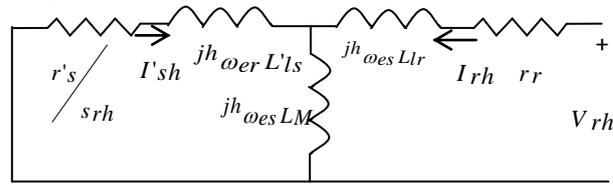


Fig. 5 Circuito equivalente armónico en estado estable de la máquina de inducción vista desde el rotor.

Luego, la ecuación que representa el circuito es,

$$\begin{bmatrix} 0 \\ V_{rh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r'_{s/s_{rh}} + jh\omega_{er}(L'_{ls} + L_M) & jh\omega_{er}L_M \\ jh\omega_{er}L_M & r_r + jh\omega_{er}(L_{lr} + L_M) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I'_{sh} \\ I_{rh} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Ya que el rotor está en movimiento, el deslizamiento armónico visto desde el rotor está dado por,

$$s_{rh} = \frac{\pm h\omega_{er} + \omega_r}{\pm h\omega_{er}} \quad (20)$$

El signo (+) es usado para secuencia positiva y (-) para secuencia negativa. La solución de (19) obtiene las corrientes armónicas fasoriales debido a la fuente armónica de voltaje en el rotor, es decir, $I'_{sh} = |I'_{sh}| \angle g'_{sh}$ y $I_{rh} = |I_{rh}| \angle g_{rh}$. Sus representaciones en el dominio del tiempo, en sus respectivos devanados son,

$$i_{sh} = |I'_{sh}| \cos(s_{rh} h \omega_{er} t + g'_{sh} \pm g_{ef}) \quad (21)$$

$$i_{rh} = |I_{rh}| \cos(h \omega_{er} t + g_{rh})$$



Donde (+) para secuencia positiva y (-) para secuencia negativa. Y la solución completa para la máquina de inducción doblemente alimentada está dada por la suma de los dos efectos de las fuentes armónicas de voltaje, es decir,

$$i_s = |I_{sh}| \cos(h \omega_{es} t + g_{sh}) + |I'_{sh}| \cos(s_{rh} h \omega_{er} t + g'_{sh} \pm g_{ef})$$

$$i_{rh} = |I_{rh}| \cos(h \omega_{er} t + g_{rh}) + |I'_{rh}| \cos(s_h h \omega_{es} t + g'_{rh} \mp g_{ef})$$

(22)

4.3 Armónicas en secuencia cero

Las ecs. (17) y (20) son usadas para las armónicas que tienen el mismo comportamiento en secuencia positiva como negativa; y son válidas solo en condiciones balanceadas. En el caso de secuencia cero, que corresponde a las armónicas $h=3k$, el circuito de la Fig. 2 no es válido ya que para secuencia cero la máquina de inducción trabaja como dos devanados desacoplados, resultando en el circuito de la Fig. 6 donde las corrientes están dadas por,

$$V_{sh} = (r_s + jh \omega_{es} L_{ls}) I_{sh}$$

$$V_{rh} = (r_r + jh \omega_{er} L_{lr}) I_{rh}$$

(23)

La solución de (23) obtiene las corrientes armónicas fasoriales debido a sus fuentes de voltaje, es decir, $I_{sh} = |I_{sh}| \angle g_{sh}$ y $I_{rh} = |I_{rh}| \angle g_{rh}$. Sus representaciones en el dominio del tiempo, en sus respectivos devanados son,

$$i_{sh} = |I_{sh}| \cos(h \omega_{es} t + g_{sh})$$

$$i_{rh} = |I_{rh}| \cos(h \omega_{er} t + g_{rh})$$

(24)

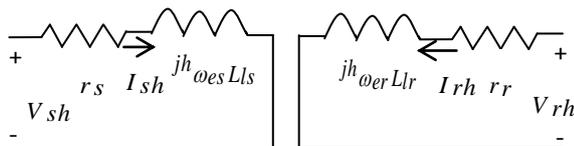


Fig. 6 Modelo de triplas armónicas de la máquina de inducción vista desde el estator y rotor. Ahora, la solución general para condiciones balanceadas incluyendo fuentes de voltaje a frecuencia fundamental ya frecuencias armónicas en el estator y rotor están dadas por,

$$i_s = \sum_{h=1}^H |I_{sh}| \cos(h \omega_{es} t + g_{sh}) + \sum_{h=1,3k+1}^H |I'_{sh}| \cos(s_{rh} h \omega_{er} t + g'_{sh} \pm g_{ef}) + \sum_{h=3k-1}^H |I'_{sh}| \cos(s_{rh} h \omega_{er} t + g'_{sh} - g_{ef})$$

(25)



$$i_r = \sum_{h=1}^H |I_{rh}| \cos(h \omega_{er} t + g_{rh}) + \sum_{h=1,3k+1}^H |I'_{rh}| \cos(s_h h \omega_{es} t + g'_{rh} - g_{ef}) \quad (26)$$
$$+ \sum_{h=3k-1}^H |I'_{rh}| \cos(s_h h \omega_{es} t + g'_{rh} + g_{ef})$$

La primera suma de (25) está dada por todas las armónicas de la corriente debidas a la fuente de voltaje no senoidal en el estator la cual incluye las armónicas de secuencia positiva, negativa y cero. La segunda suma de (25) está dada por todas las armónicas de la corriente debidas a los efectos de inducción de las armónicas de secuencia positiva de la fuente de voltaje del rotor. La última suma de (25) está dada por todas las armónicas de la corriente debidas a los efectos de inducción de las armónicas de secuencia negativa de la fuente en el rotor. La misma interpretación es para la ec. (26). Las ecs. (25) y (26) son obtenidas de (10), (14), (18), (21) y (24).

5. VALIDACIÓN DEL MODELO

Para validar el modelo propuesto se usó una máquina de inducción trifásica de 175 W, 208V y 1.3Amp, así como una fuente de voltaje controlable de 200/208V, a 50/60Hz y 24Amp (Agilent Technologies with the details of GPIB Capabilities) capaz de generar señales armónicas y es usada como principal fuente de voltaje para excitar a la máquina de inducción. Los parámetros de la máquina de inducción son mostrados en el Apéndice A. Además, las ecuaciones dinámicas de la máquina de inducción descritas en la sección II y Apéndice A fueron programadas para tener un resultado adicional para ser comparado con el modelo propuesto.

Se debe notar que los resultados obtenidos del modelo propuesto (Estado estable), son comparados con los obtenidos en el laboratorio (Medidos) y comparados con los obtenidos del modelo completo simulado (Dinámico) en el momento que alcanza el estado estable. Para todos los casos de estudio se considera un torque mecánico de 0.3 N.m.

5.1 Caso I: Máquina de inducción alimentada por estator a frecuencia fundamental

Para el primer caso, la máquina de inducción es excitada con un voltaje de 100V a 60 Hz en el estator, con el rotor en corto-circuito. La forma de onda de la fuente de voltaje trifásica es mostrada en la Fig. 7.

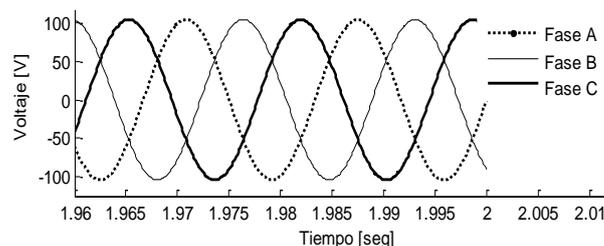


Fig. 7 Fuente de voltaje trifásica.

Las Figs. 8 y 9 muestran las corrientes obtenidas en el estator y rotor de la máquina de inducción. Se puede ver que los resultados obtenidos en estado estable coinciden con los obtenidos en mediciones reales y con los obtenidos del modelo completo dinámico. La Tabla I muestra las condiciones en estado estable de la máquina de inducción para este caso de estudio.

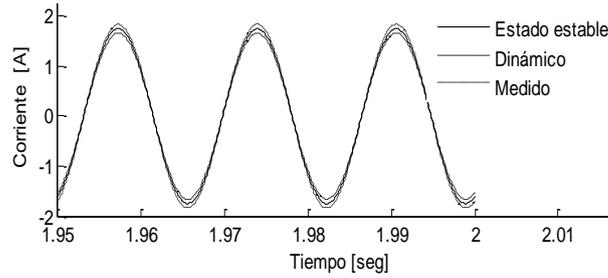


Fig. 8. Corriente en el estator.

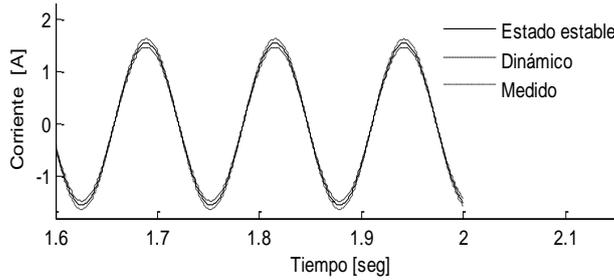


Fig. 9. Corriente en el rotor.

Tabla I.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Potencia activa	Potencia reactiva	s	Corriente estator	Corriente rotor
4.58 W	87.4 Var	0.332	1.8 A	1.6 A

5.2 Caso II: Máquina de inducción alimentada por estator con fuente armónica de voltaje

La fuente de voltaje de 120 V a 60 Hz en el lado del estator incluye la tercera, quinta y séptima armónica estando el rotor corto-circuitado. La magnitud y ángulo de las componentes armónicas de voltaje son: $40\angle 113^\circ V$, $24\angle 42.85^\circ V$, y $17.14\angle 113^\circ V$, para la tercera, quinta y séptima armónica, respectivamente. La forma de onda de la fuente de voltaje es mostrada en la Fig. 10.

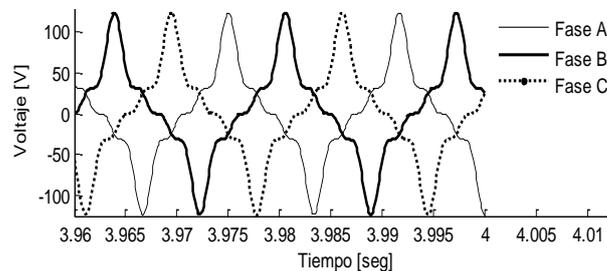


Fig. 10. Fuente de voltaje trifásica.

Las Figs. 11 y 12 muestran las corrientes obtenidas en el estator y rotor, respectivamente. Las condiciones en estado estable para este caso de estudio son mostradas en la Tabla II.

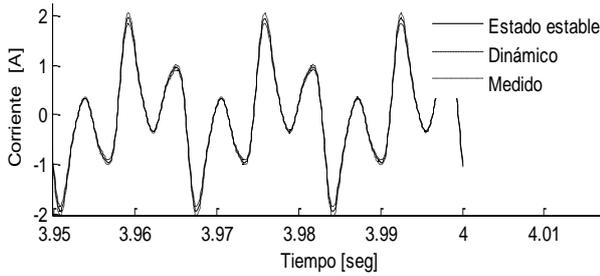


Fig. 11. Corriente en el estator.

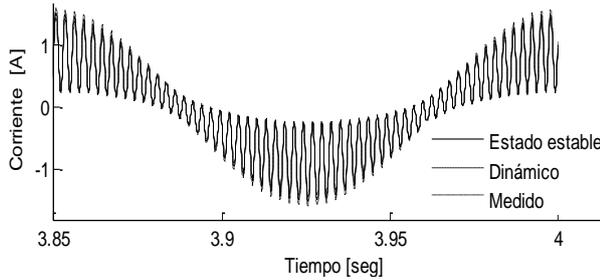


Fig. 12. Corriente en el rotor.

Tabla II.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Potencia activa	Potencia reactiva	s	Corriente estator	Corriente rotor
41.1 W	63.7 Var	0.334	2.32 A	2.1 A

Los deslizamientos armónicos para cada componente armónico, de acuerdo a la expresión (17),

son: $s=0.3342$, $s_5=1.133$ y $s_7=0.904$. Las frecuencias inducidas en el rotor son obtenidas con

$(s_h \times h \times \omega_{es}) / 2\pi$, es decir, la frecuencia fundamental en el estator induce $(0.334 \times 377) / 2\pi = 20$ Hz en

el rotor, la quinta armónica en el estator induce $(1.133 \times 5 \times 377) / 2\pi = 340$ Hz en el rotor, y la séptima

armónica induce $(0.904 \times 7 \times 377) / 2\pi = 380$ Hz en el rotor. Esas frecuencias no son armónicas de la

frecuencia fundamental en el estator (múltiplos enteros de 60 Hz), pero ellas son las armónicas 17 y 19 de la frecuencia fundamental del rotor (múltiplos enteros de 20 Hz).

5.3 Caso III: Máquina de inducción alimentada por estator con fuente de voltaje cuasi-senoidal

En este caso la máquina de inducción es excitada con una fuente de voltaje en el estator de 120 V a 60 Hz y el rotor en corto-circuito. La fuente de voltaje es cuasi-senoidal como se muestra en la Fig. 13 con las armónicas en la Tabla III.



Tabla III.
Componentes armónicas

Armónica	Magnitud (V)	Armónica	Angulo (°)
5 ^a	23.1	5 ^a	163
7 ^a	17.8	7 ^a	88.1
11 ^a	12.1	11 ^a	175.1
13 ^a	10.8	13 ^a	83.7
17 ^a	8.7	17 ^a	-17
19 ^a	7.2	19 ^a	88
23 ^a	6.5	23 ^a	166
25 ^a	6	25 ^a	101

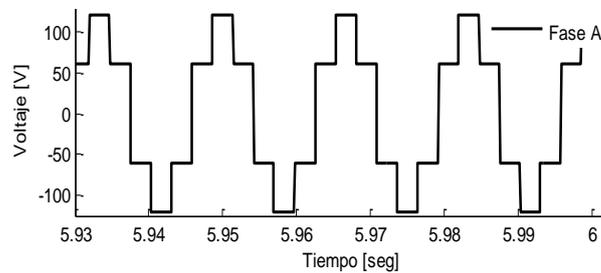


Fig. 13. Fuente de voltaje trifásica.

La forma de onda de las corrientes obtenidas en las mediciones reales y en las simulaciones son mostradas en las Figs. 14 y 15. La condición en estado estable para este caso se muestra en la Tabla IV.

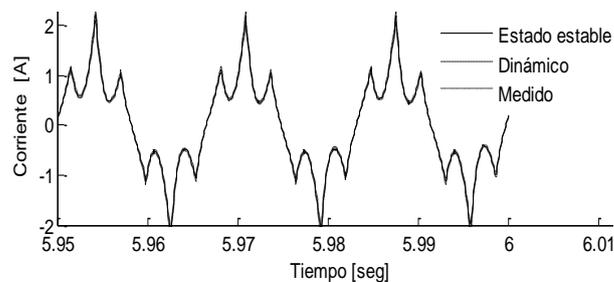


Fig. 14. Corriente en el estator.

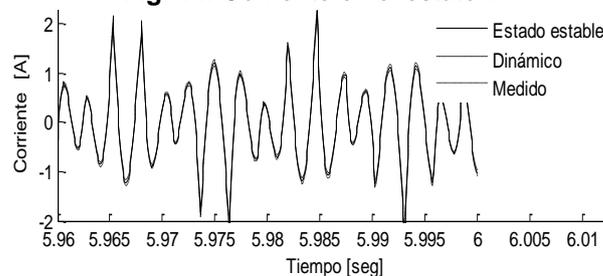


Fig. 15. Corriente en el rotor.



Tabla IV
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Potencia activa	Potencia reactiva	s	Corriente estator	Corriente rotor
42.4 W	90.7 Var	0.16	1.8 A	1.6 A

5.4 Máquina de inducción alimentada por rotor con fuente de voltaje cuasi-senoidal y estator alimentado con fuente de voltaje a frecuencia fundamental

En este caso de estudio, una fuente de voltaje balanceada de 120V, a 60 Hz fue aplicada al estator y una fuente de voltaje de 10V, a 45 Hz fue aplicada en el rotor. El contenido armónico de la fuente de voltaje es mostrado en la Tabla V.

Tabla V.
MAGNITUD Y ANGULO DE LOS COMPONENTES ARMÓNICOS

Armónica	Magnitud (V)	Armónica	Angulo (°)
5 ^a	2.4	5 ^a	18
7 ^a	1.4	7 ^a	23
11 ^a	0.9	11 ^a	88
13 ^a	0.76	13 ^a	22
17 ^a	0.52	17 ^a	2.3
19 ^a	0.5	19 ^a	33
23 ^a	0.43	23 ^a	-46
25 ^a	0.4	25 ^a	57

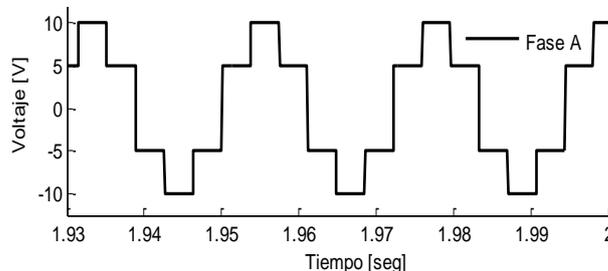
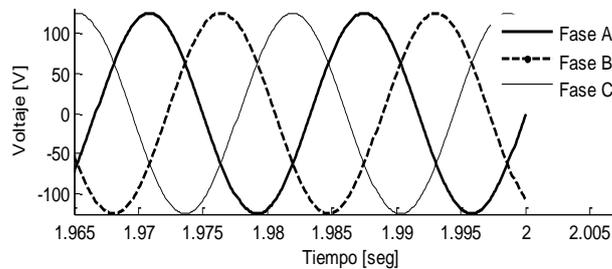


Fig. 16. Fuente de voltaje trifásica en el estator y rotor.

Las Figs. 17 y 18 muestran los resultados obtenidos. Claramente el modelo propuesto en estado estable da los mismos resultados que los obtenidos de las mediciones reales y del modelo completo dinámico de la máquina de inducción. La Tabla VI muestra los valores en estado estable.

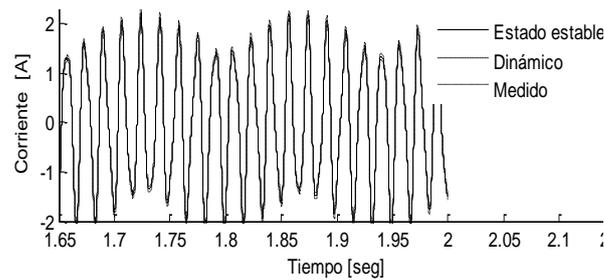


Fig. 17. Corriente en el estator.

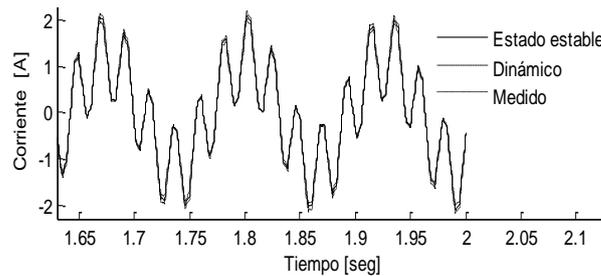


Fig. 18. Corriente en el rotor.

Tabla VI
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Potencia activa	Potencia reactiva	s	Corriente estator	Corriente rotor
1.44 W	3.3 Var	0.78	2.1 A	0.18 A

La Tabla VII resume las corrientes armónicas en la DFIG para los casos de estudio. Las formas de onda de las corrientes presentadas en esta publicación han sido obtenidas de las corrientes mostradas en esta tabla, las cuales han sido obtenidas de la solución de las ecuaciones mencionadas en II.

6. CONCLUSIONES

Se propone un modelo en estado estable del DFIG para estudios armónicos. Los resultados obtenidos con el modelo propuesto empatan perfectamente con los obtenidos en el laboratorio. En el DFIG la fuente de voltaje en el rotor tiene componentes armónicos de su frecuencia fundamental, esas frecuencias inducen otras frecuencias en la corriente del estator las cuales no son armónicas de la frecuencia del sistema, resultando un poco más complicado hablar de estudios armónicos cuando se presentan no-armónicas en el sistema. Se da un claro análisis de las frecuencias generadas por el DFIG en estado estable resultando un modelo apropiado para el análisis armónico y no-armónico del DFIG el cual puede ser usado para el análisis “armónico” en sistemas de potencia

REFERENCIAS

- [1] IEEE PES Wind Plant Collector System Design Working Group, “Wind Power Plant Grounding, Overvoltage Protection and Insulation Coordination,” *IEEE 978-1-4244-4241-6/09*, 2009.
- [2] IEEE PES Wind Plant Collector System Design Working Group, “Power Transformer Application for Wind Plat Substations,” *IEEE 978-1-4244-6547-7/10*, 2010.



- [3] Thomas Ackermann, *Wind Power in Power Systems*, John Wiley & Sons, second edition, 2012.
- [4] E. Acha, M. Madrigal, *Power Systems Harmonics: Computer Modelling and Analysis*, John Wiley & Sons, 2001.
- [5] J. Arrillaga, N.R. Watson, *Power System Harmonics*, John Wiley & Sons, 2004.
- [6] T.A. Lipo, P.C. Krause, H.E. Jordan, "Harmonic torque and speed pulsations in a rectifier-inverter induction motor drive," *IEEE Trans. On Power App. And Systems*, Vol. PAS-88, No. 5, May 1969, pp. 579-587.
- [7] P.C. Krause, *Analysis of Electric Machinery*, McGraw-Hill, 1987.
- [8] A.M. Sharaf, "A frequency dependent steady state model of induction motor load for harmonic flow studies", *IEEE Trans. EnergyConvers.*, vol. 11, no. 1, pp. 256-259, Feb. 1971.
- [9] H. O. Mirzamani and A. L. Choobari, "Study of harmonics effects on performance of induction motors", *International Symposium on System Theory*, XII Edition, Craiova, 1996, p333-338.
- [10] K. Vasudevan, G. Sridhara and Sasidhara Ra. "Harmonic in Induction Machine", *IEEE Trans. EnergyConvers.*, Vol 25, No. 1, March 2001.
- [11] L. Refoufi and P. Pillay, "Harmonic analysis of slip energy recovery induction motor drives," *IEEE Trans. EnergyConvers.*, Vol. 9, No. 4, pp. 665-672, Dec. 1994.
- [12] Z.M. Salameh, L.F. Kazda, "Analysis of the double output induction generator using direct three-phase model. Part II- Harmonic analysis," *IEEE Trans. On Energy Convers.*, Vol. EC-2, No. 2, June 1987, pp. 182.
- [13] M. Bradt, B. Badrzadedh, E. Camm, D. Mueller, J. Schoene, T. Siebert, T. Smith, M Starke and R. Walling, "Harmonics and resonance issues in wind power plants" *IEEE Ind. Appl. Soc. Annu. Meeting*, Edmonton, AB, Canada, 2010, pp. 1-8.
- [14] R. Zheng, Math H. J. Bollen, and J. Zhong, "Harmonic resonances due to a Grid-connected wind farm", 14th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP) 2010, Bergamo, Italy, 26-29 September 2010, p. 1-7.
- [15] Y. Liao, Li Ran, G. Putrus, and K. S. Smith, "Evaluation of the Effects of Rotor Harmonics in a Doubly-fed Induction Generator with Harmonic Induced Speed Ripple", *IEEE Trans. EnergyConvers.*, vol. 18, no. 4, pp. 508-515, December 2003.
- [16] L. Fan, Z. Miao and S. Yuvarajan, "A Unified Model of DFIG for Simulating Acceleration with Rotor Injection and Harmonics in Wind Energy Conversion Systems", *IEEE Trans. EnergyConvers.*, vol. 11, no. 2, pp. 1-6, May 2006.
- [17] L. Fan, S. Yuvarajan and R. Kavasseri, "Harmonic Analysis of a DFIG for a Wind Energy Conversion System" *IEEE Trans. EnergyConvers.*, vol. 25, no. 1, pp. 181-190, March. 2010.



Tabla VII

RESUMEN DE LAS CORRIENTES ARMÓNICAS PARA CADA CASO DE ESTUDIO

CASOS ESTUDIO	Corriente en el estator				Corriente en el rotor			
	Secuencia	Magnitud	Angulo	Frecuencia	Secuencia	Magnitud	Angulo	Frecuencia
Caso I	+	0.588	-0.72°	60	+	3	2.57°	19.8
Caso II	+	0.588	0.72°	60	+	3	2.57°	19.8
	+	0.111	-1.39°	420	+	0.2	1.8°	322.9
	-	0.216	-1.34°	300	-	0.17	1.74°	397
	0	1.07	-1.09°	180				
Caso III	+	2.1	14.1°	60	+	1.8	40.9°	9.6
	-	0.79	4.2°	300	-	1.32	222.9°	48
	+	0.38	178°	420	+	2.81	-42.1°	67.2
	-	0.152	166.9°	660	-	0.80	28.6°	105.6
	+	0.115	-16.4°	780	+	0.56	117.5°	124.8
	-	0.067	-24.3°	1020	-	0.15	204°	163.2
	+	0.051	150.1°	1140	+	0.24	-63.3°	182.4
	-	0.032	142.1°	1380	-	0.12	14.1°	220.8
	+	0.029	-38.6°	1500	+	0.13	92.2°	240
	-	0.019	-45.1°	1740	-	0.049	174.4°	278.4
	+	0.018	126.5°	1860	+	0.073	-77.8°	297.6
	-	0.018	119°	2100	-	0.052	4.4°	336
	+	0.012	-59.2°	2220	+	0.063	72.7°	355.2
	-	0.008	-65.3°	2460				
+	0.009	103.8°	2580					
-	0.006	96.4°	2820					
+	0.005	-81.4°	2940					
Caso IV	+	0.15	-46°	60	+	0.2	172.8°	45
	+	0.937	-55.2°	65.11	-	0.313	187.8°	225
	-	0.086	-72.5°	81.21	+	0.184	188°	315
	+	0.049	-81.8°	95.6	-	0.073	166.3°	495
	-	0.019	-95.5°	110	+	0.146	178.2°	585
	+	0.01	-99.3°	129.4	-	0.07	212.6°	765
	-	0.007	-106.7°	139.8	+	0.101	173.7°	855
	+	0.007	-110.4°	145.6	-	0.08	205°	1035
	+	0.007	-106.8°	156.2	-	0.55	-48°	1215



APÉNDICE A

Los parámetros de la máquina de inducción trifásica usados en las simulaciones son los listados en la Tabla 1A.

Tabla 1A.

PARÁMETROS DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN 3 HP	
Densidad	1680 kg·m ⁻³
Número de polos	
Corriente de línea (nominal)	Amps
Voltaje línea a línea (nominal)	V _{rms}
Torque nominal	31 N·m
Frecuencia nominal	Hz
Resistencia en el estator, r_s	Ω
Inductancia en el estator, L_{ls}	
Resistencia en el rotor, r_r	Ω
Inductancia en el rotor, L_{lr}	
Inductancia de magnetización, L_{ms}	H

El modelo general de la máquina de inducción está dado por:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_{abc} \\ \mathbf{v}'_{abcr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s & 0 \\ 0 & r'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abc} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} + p \begin{bmatrix} \lambda_{abc} \\ \lambda'_{abcr} \end{bmatrix} \quad (1A)$$

Las matrices de las resistencias del estator y rotor están dadas:

$$r_s = \begin{bmatrix} r_{as} & 0 & 0 \\ 0 & r_{bs} & 0 \\ 0 & 0 & r_{cs} \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad r'_r = \begin{bmatrix} r'_{ar} & 0 & 0 \\ 0 & r'_{br} & 0 \\ 0 & 0 & r'_{cr} \end{bmatrix} \quad (2A)$$

En notación matricial, el enlace de flujo del estator y rotor λ_s , λ_r , en términos de inductancias y corrientes se escriben como:

$$\begin{aligned} p \lambda_{abc} &= (p \mathbf{L}_s) \mathbf{i}_{abc} + \mathbf{L}_s (p \mathbf{i}_{abc}) \\ &+ (p \mathbf{L}'_{sr}) \mathbf{i}'_{abcr} + \mathbf{L}'_{sr} (p \mathbf{i}'_{abcr}) \end{aligned} \quad (3A)$$



$$p \lambda'_{abcr} = (p \mathbf{L}'_{sr}) \mathbf{i}_{abcs} + \mathbf{L}'_{sr} (p \mathbf{i}_{abcs}) \\ + (p \mathbf{L}'_r) \mathbf{i}'_{abcr} + \mathbf{L}'_r (p \mathbf{i}'_{abcr}) \quad (4A)$$

Sustituyendo en (1A) tenemos:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_{abcs} \\ \mathbf{v}'_{abcr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}_s & 0 \\ 0 & \mathbf{r}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abcs} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} p \mathbf{L}_s & p \mathbf{L}'_{sr} \\ p \mathbf{L}'_{sr} & p \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abcs} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{L}_s & \mathbf{L}'_{sr} \\ \mathbf{L}'_{sr} & \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \mathbf{i}_{abcs} \\ p \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} \quad (4A)$$

Agrupando términos se tiene que:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_{abcs} \\ \mathbf{v}'_{abcr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}_s + p \mathbf{L}'_{sr} & p \mathbf{L}'_{sr} \\ p \mathbf{L}'_{sr} & \mathbf{r}'_r + p \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abcs} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{L}_s & \mathbf{L}'_{sr} \\ \mathbf{L}'_{sr} & \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \mathbf{i}_{abcs} \\ p \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} \quad (5A)$$

Donde las inductancias están definidas por:

$$\mathbf{L}_s = \begin{bmatrix} L_{ls} + L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} \\ -\frac{1}{2} L_{ms} & L_{ls} + L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} \\ -\frac{1}{2} L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} & L_{ls} + L_{ms} \end{bmatrix} \quad (6A)$$

$$\mathbf{L}'_r = \begin{bmatrix} L'_{lr} + L_{mr} & -\frac{1}{2} L_{mr} & -\frac{1}{2} L_{mr} \\ -\frac{1}{2} L_{mr} & L'_{lr} + L_{mr} & -\frac{1}{2} L_{mr} \\ -\frac{1}{2} L_{mr} & -\frac{1}{2} L_{mr} & L'_{lr} + L_{mr} \end{bmatrix} \quad (7A)$$

$$\mathbf{L}_{sr} = L_{sr} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \cos \left(\theta_r + \frac{2\pi}{3} \right) & \cos \left(\theta_r - \frac{2\pi}{3} \right) \\ \cos \left(\theta_r - \frac{2\pi}{3} \right) & \cos \theta_r & \cos \left(\theta_r + \frac{2\pi}{3} \right) \\ \cos \left(\theta_r + \frac{2\pi}{3} \right) & \cos \left(\theta_r - \frac{2\pi}{3} \right) & \cos \theta_r \end{bmatrix} \quad (8A)$$



Por otra parte tenemos $p\theta_r = \omega_r$ donde ω_r es la velocidad angular del rotor. Luego tenemos que $p\mathbf{L}_s = 0$ y $p\mathbf{L}'_r = 0$. Se debe de notar que $p(\cos \theta_r) = p\theta_r \cdot \text{sen} \theta_r = \omega_r \cdot \text{sen} \theta_r$. Así que la ec. (5A) es simplificada:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_{abc} \\ \mathbf{v}'_{abcr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}_s + p\mathbf{L}'_{sr} & p\mathbf{L}'_{sr} \\ p\mathbf{L}'_{sr} & \mathbf{r}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{abc} \\ \mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{L}_s & \mathbf{L}'_{sr} \\ \mathbf{L}'_{sr} & \mathbf{L}'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p\mathbf{i}_{abc} \\ p\mathbf{i}'_{abcr} \end{bmatrix} \quad (9A)$$

Y la ec. (1) es obtenida de (9A).



CARACTERIZACIÓN DE REFLECTORES Y AISLADORES TÉRMICOS

Alejandro Rodríguez Padilla

Instituto Tecnológico de Mérida

Av. Tecnológico km 4.5 S/N C.P. 97118

alexmerida@hotmail.com

Resumen

Se creó un modelo experimental para poder hacer estudios en laboratorio de reflectores y aisladores de radiación solar, se caracteriza la potencia relativa de absorción de una cavidad aislada térmicamente, con respecto a otra, sin aislar y con esto se puede hacer una predicción del ahorro de energía que se tendría en techos y paredes aislados con los materiales caracterizados con dicho modelo. Como ejemplo se caracterizó papel aluminio, el modelo experimental predijo que este material reflejara un porcentaje de 76.47% de la energía incidente que absorberían los materiales sin aislar.

ABSTRACT

We developed an experimental model to make laboratory studies of reflectors and solar radiation insulators, characterized the relative power of absorption of a thermally insulated cavity against another without isolation and this can make a prediction of energy savings would take into ceilings and walls insulated with materials characterized with the model. As an example, aluminum foil was characterized and found that the foil reflects 76% of the incident radiation

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay menos reservas de combustibles fósiles y las fuentes de energía renovables aún no pueden satisfacer por completo las demandas de energía mundial, el ahorro de energía se convierte en uno de los principales mecanismos de alargar las reservas de combustibles fósiles, así como dar tiempo a que las fuentes de energía alterna estén más desarrolladas y a precios accesibles.

En zonas geográficas tropicales en donde la radiación solar es intensa los techos de las casas habitación llegan alcanzar más de 60 grados centígrados de temperatura, esto tiene el efecto de convertirlos en radiadores de calor, en particular radiadores de ondas térmicas de entre 30 a 60 grados centígrados, lo que hace que las habitaciones lleguen a temperaturas muy altas, además en las noches los techos siguen radiando energía térmica y básicamente se convierten en reservorios de energía, este fenómeno continua hasta que la temperatura externa baja y logra enfriar el techo, lo cual ocurre normalmente en la madrugada. Esto repercute grandemente en el consumo de energía en donde es usado aire acondicionado y ventiladores.

1.1 Modelo Experimental

En este artículo se muestra un modelo experimental, el cual se desarrolló en el laboratorio de Física, del Instituto Tecnológico de Mérida (ITM), para poder caracterizar propiedades de absorción de energía solar de materiales utilizados en el revestimiento de techos y paredes, esto con el fin de saber cuáles materiales son los mejores aislantes y reflectores de la energía solar para con esto lograr un ahorro de energía en el consumo de energía eléctrica.

En este modelo se simula una habitación cerrada usando bloques de construcción hechos de hormigón y se utiliza una lámpara de de wolframio como fuente de radiación visible e infrarroja

En el modelo se puede caracterizar la potencia relativa media que trasmite la fuente hacia el aire dentro de la cavidad dependiendo del material que se utilice como aislante térmico con respecto de una cavidad sin aislar térmicamente.

1.2 Radiación Solar

La forma detallada del espectro de radiación electromagnética emitida por un cuerpo a una temperatura T depende de su composición. Experimentalmente se sabe que los cuerpos negros tienen un espectro universal de radiación (Figura 1), un cuerpo negro es aquel que tiene una superficie que absorbe toda la radiación electromagnética incidente.

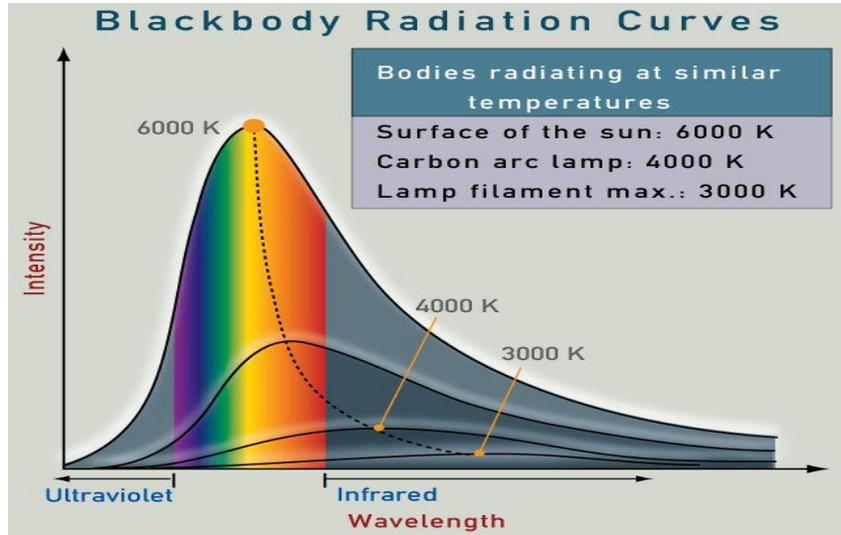


Figura 1. Espectros de radiación de cuerpo negro para diferentes temperaturas.

La distribución espectral de la radiación de un cuerpo negro se especifica a través de la radiancia espectral $R_T(\nu)$ definida de tal manera que $R_T(\nu)d\nu$ es igual a la energía emitida por unidad de tiempo en forma de radiación en el intervalo de frecuencias $(\nu, \nu + d\nu)$ por unidad de superficie a una temperatura T .

Si se integra la radiancia espectral $R_T(\nu)$ sobre todas las frecuencias emitidas ν se obtiene la energía total emitida por unidad de tiempo por unidad de área de un cuerpo negro a temperatura T y se llama radiancia R_T

$$R_T = \int_0^\nu R_T(\nu) d\nu \quad (1)$$

Experimentalmente la energía emitida depende de la temperatura a la cuarta potencia y este resultado es la ley de Stefan

$$R_T = \alpha T^4 \quad (2)$$

en donde $\alpha = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ es la constante de Stefan-Boltzmann.

También se observa experimentalmente que la longitud de onda λ_m pico de la curva espectral cambia inversamente proporcional con la temperatura del cuerpo negro, esto se puede observar en la figura 2, la curva en rojo corresponde a una función de la forma $1/\lambda_m$, está es la denominada ley del desplazamiento de Wien

$$\lambda_m T = k \quad (3)$$

Donde $k = 2.898 \times 10^{-3}$ y λ_m es la longitud de onda pico

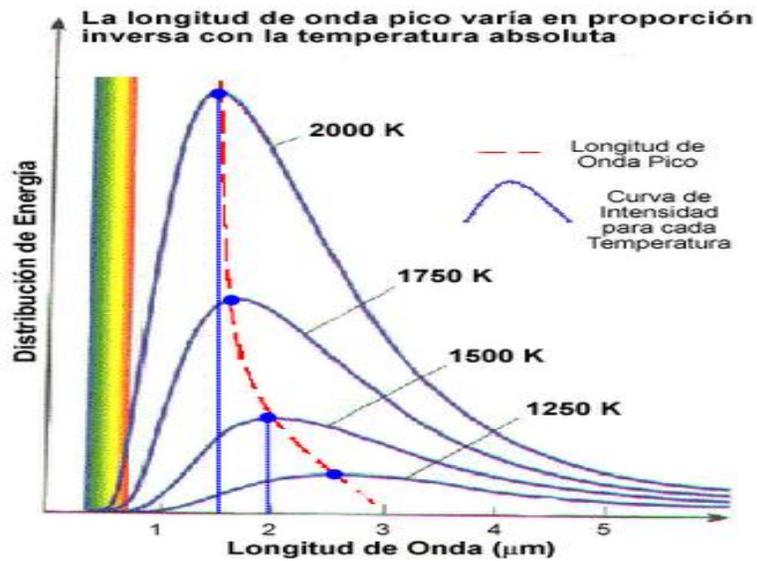


Figura 2. En esta gráfica se observa la ley de desplazamiento de Wien

Solar Radiation Spectrum

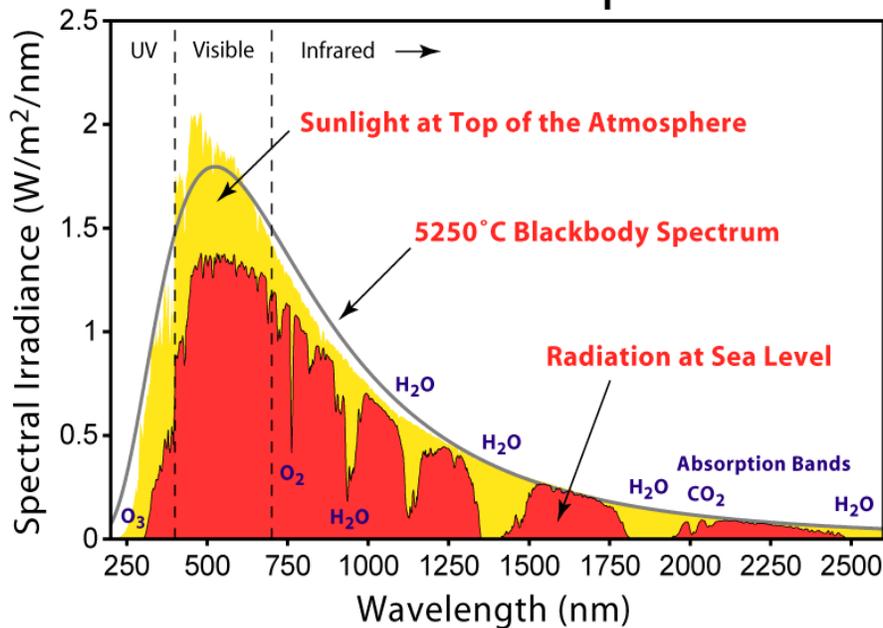


Figura 3. Espectro de radiación solar

Con la ley del desplazamiento de Wien se puede calcular la temperatura del sol. Como la longitud de onda de la radiación pico del Sol corresponde a una longitud de onda de $\lambda_{max}=0.5 \times 10^{-6}$ m usando la ley del desplazamiento Wien resulta que el Sol tiene una temperatura de 5790 grados kelvin.

El espectro de radiación solar está ilustrado en la figura 3. Se observa que la mayor densidad de energía radiada corresponde al espectro infrarrojo y visible



Usando la ley de Stefan (Ecuación 2) y la temperatura superficial calculada para el Sol se obtiene la potencia radiada por unidad de área de la superficie del Sol.

$$R_T = \alpha T^4 = 5.9 \times 10^7 \text{ W/m}^2 \approx 6000 \text{ W/cm}^2 \quad (4)$$

De esta energía una pequeña parte llega a la superficie terrestre, dependiendo de la zona geográfica y la época del año es la energía que se recibe por unidad de área. En la zona de los trópicos de cáncer y capricornio los cuales están a una latitud de $\pm 21^\circ$, cuando el Sol está en el cenit en un día despejado se recibe como máximo 1400 W/m^2 . Ahora bien sin importar este promedio, debido a que el Sol es prácticamente un cuerpo negro el espectro de radiación es la de un cuerpo negro a 5700°K . En la figura 3 marcado en zonas en rojo se ve el espectro de radiación que atraviesa la atmosfera, se observa que la mayoría de longitudes de onda que llegan a la superficie terrestre son las correspondientes al espectro visible e infrarrojo, el espectro ultravioleta solar se absorbe en gran cantidad en la atmosfera terrestre debido al ozono.

1.3 Selección de la Muestra

Los techos y paredes de casas y edificios absorben grandemente el espectro infrarrojo y visible por lo que suben rápidamente su temperatura convirtiéndose en radiadores de energía térmica aproximándose a un cuerpo negro entre 300°K a 330°K . Es decir los techos y paredes se convierten en emisores y reservorios de energía los cuales serán una fuente de calor aún varias horas después de que termine el día. (Ver el resultado experimental de la gráfica 4).

Para demostrar el modelo experimental se decidió usar aluminio como aislador de radiación solar, usando la primicia de que este material refleja 98% de la radiación infrarroja y 90% del visible. La intención con esto es reducir la absorción de calor del material de construcción, en particular bloques de construcción fabricados con piedra caliza.

En el experimento se uso una fuente de calor usando una lámpara incandescente de wolframio simulando con esto el espectro de radiación infrarroja y visible del sol. El wolframio tiene una temperatura de fusión 3680 K. En la práctica la temperatura más alta que soporta una lámpara con filamento de wolframio es de 2900°K . A esta temperatura, una pequeña fracción de de la energía emitida está en la región visible, menos del 11%, la mayor parte es radiación infrarroja. Pero para el modelo experimental esta fuente es de gran utilidad pues lo que se quiere hacer es caracterizar los materiales de construcción para el espectro visible e infrarrojo, después de todo el espectro radiación de la lámpara incandescente está contenido en el espectro de radiación solar.

2 EXPERIMENTO

Variación de la temperatura en dos cavidades radiadas con fuentes incandescentes, una aislada con papel aluminio y la otra sin aislante (Fotografía 1).



Fotografía 1. Modelo experimental.

2.1 Materiales

1. Tres termómetros de alcohol.
2. Cronometro.
3. Tres bloques de hormigón de 40cmx20cmx20cm.
4. Dos lámparas incandescentes de 150watts.
5. Papel aluminio de 0.05mm de espesor.
6. Dos conectores de lámparas.
7. Dos soportes metálicos.
8. Dos extensiones.
9. Martillo, cincel y taladro.

2.2 Desarrollo experimental

Con el martillo y el cincel se partieron dos bloques para formar cuatro cavidades dos de las cuales tuvieron la función de servir de tapa de cavidad. A las otras dos cavidades se les hizo un orificio en la parte media de la pared trasera para introducir un termómetro (Fotografía 2).



Fotografía 2. Colocación del termómetro

La pared frontal de una de las cavidades fue revestida con papel aluminio de 0.05mm de espesor. A continuación se armó el aparato experimental como se muestra en la fotografía 1 y figura 4. Las dos lámparas se montaron cada una en un soporte metálico a una altura de 10cm y a una distancia de 3cm de las caras frontales de las cavidades. Para aislar térmicamente las cavidades una de la otra se introdujo en medio de las dos un bloque.

Posteriormente se encendieron las lámparas de 150 w y cada vez que cambiaba en un grado centígrado la temperatura de alguna de las cavidades se tomaba el tiempo, con esto se obtuvieron los datos para poder hacer una gráfica de tiempo contra temperatura en cada cavidad, desde una temperatura inicial de 30 grados centígrados. También se tomarán los tiempos de calentamiento y enfriamiento para una cavidad sin aislante térmico.

La temperatura del laboratorio se mantuvo fija a 30 grados centígrados.

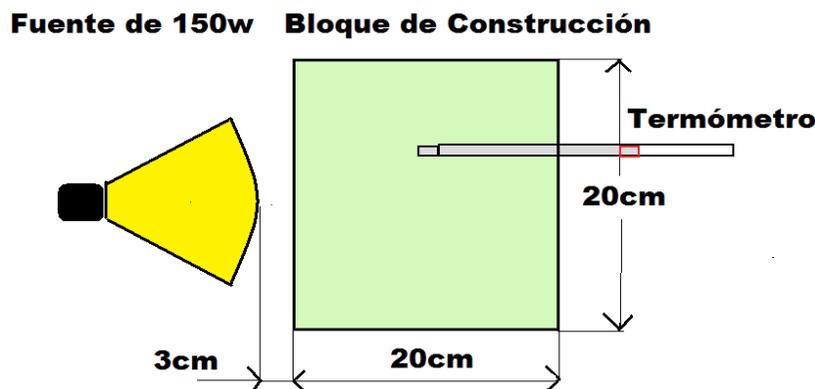


Figura 4. Diagrama del modelo experimental, la lámpara incandescente está situada a 3cm de la cara frontal de la cavidad, la cual se reviste con el material a estudiar.



Fotografía 3. Cavidades radiadas con una fuente de wolframio

3 RESULTADOS

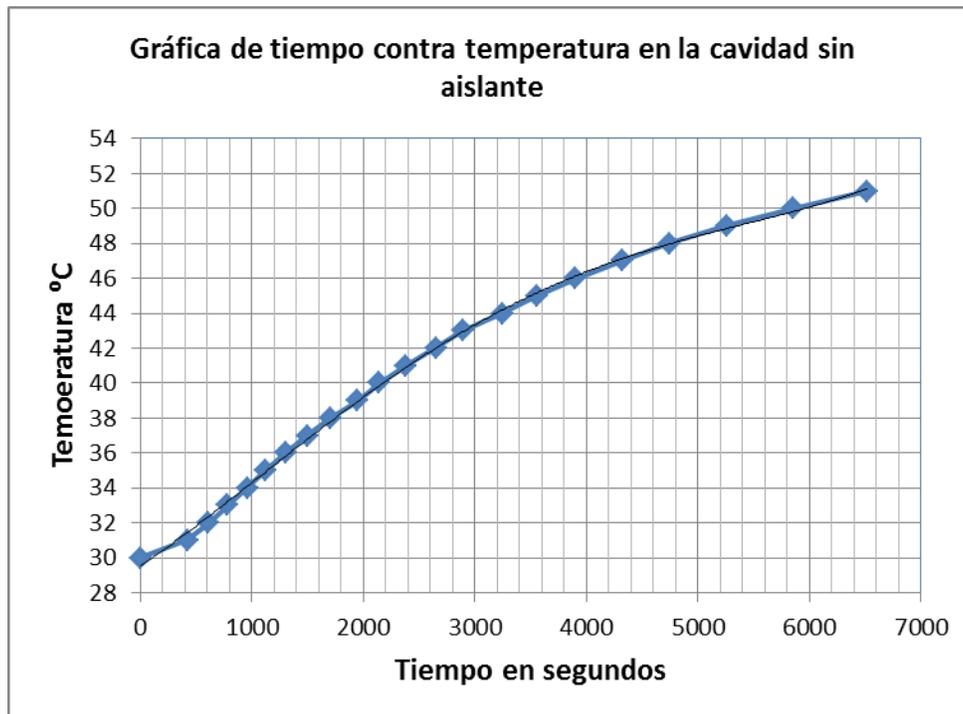
3.1 Tablas y Gráficas

Tabla I. Datos de tiempo contra temperatura para una cavidad radiada sin aislante

	Tiempo en s $\pm 0.05s$	Temperatura $^{\circ}C \pm 0.5 ^{\circ}C$
1	0	30
2	420	31
3	615	32
4	780	33
5	960	34
6	1125	35
7	1305	36
8	1495	37
9	1710	38
10	1950	39



11	2145	40
12	2385	41
13	2650	42
14	2890	43
15	3245	44
16	3560	45
17	3900	46
18	4320	47
19	4740	48
20	5260	49
21	5850	50
22	6520	51

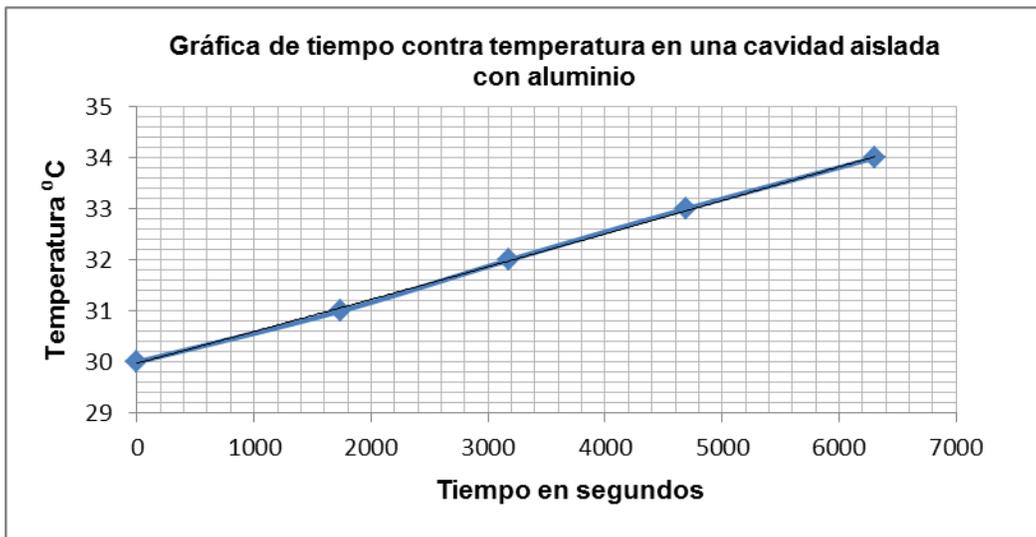


Gráfica I. Tiempo contra temperatura en la cavidad sin aislante

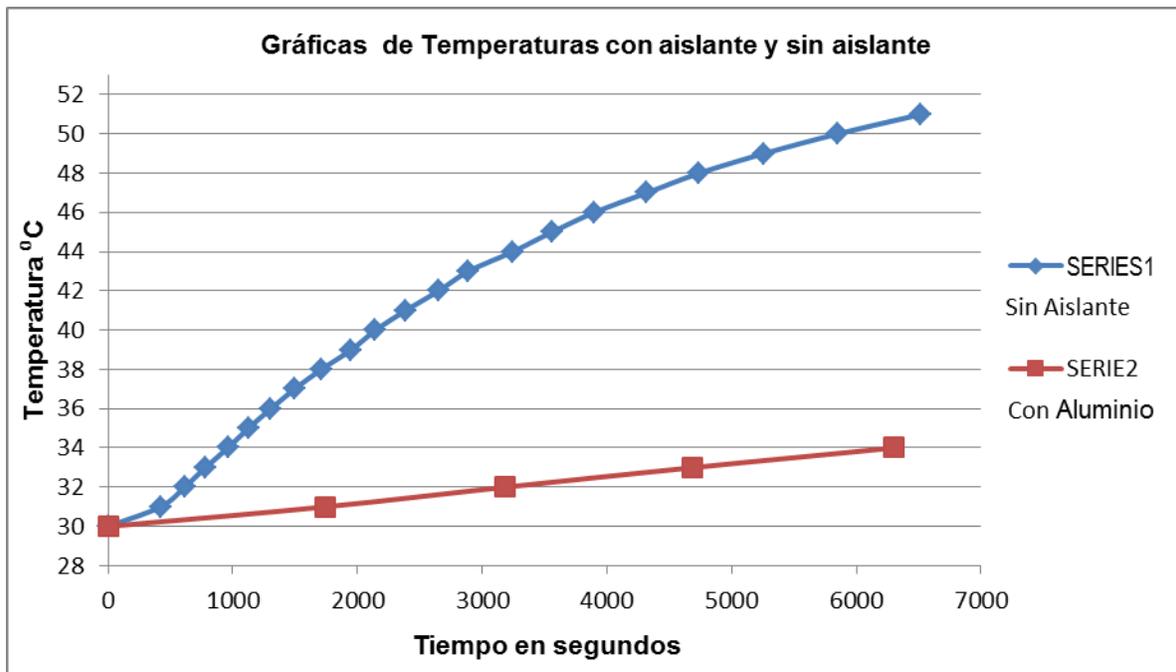
Tabla II. Datos de tiempo contra temperatura para una cavidad radiada aislada con aluminio



Tiempo en s $\pm 0.05s$	Temperatura $^{\circ}C \pm 0.5 ^{\circ}C$
0	30
1740	31
3180	32
4689	33
6300	34



Gráfica II. Tiempo contra temperatura en la cavidad con papel aluminio como aislante



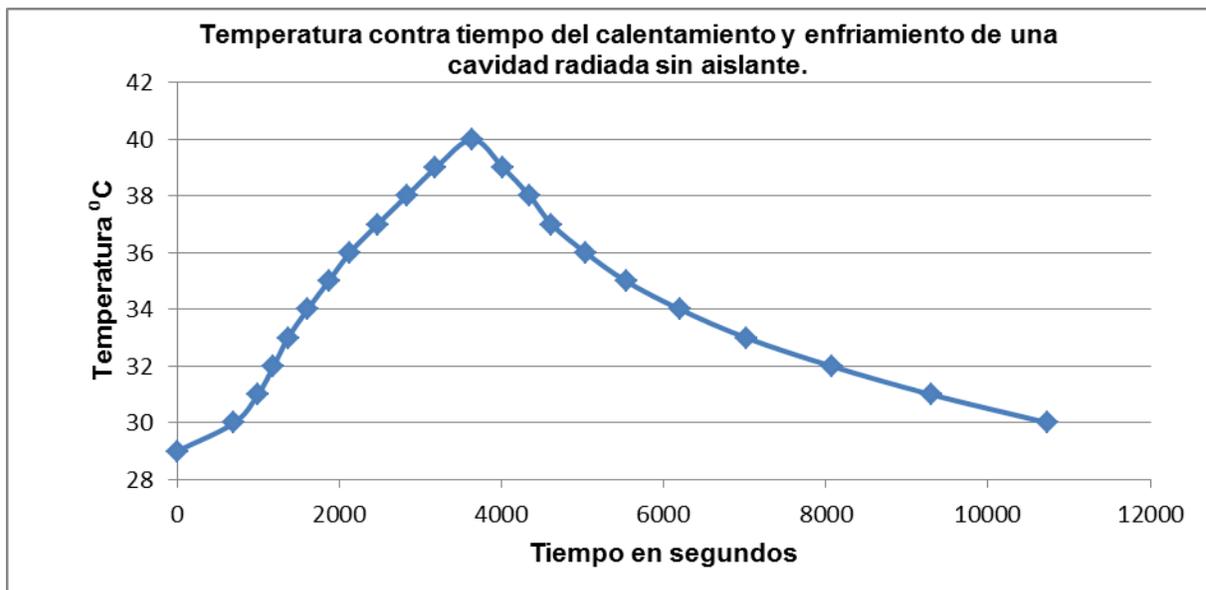
Gráfica III. Comparación del aumento de temperaturas al radiar las cavidades con papel aluminio como aislante y sin aislante.

Tabla IV Datos del calentamiento y enfriamiento de la cavidad sin aislar

Tiempo en s $\pm 0.05s$	Temperatura $^{\circ}C \pm 0.5 ^{\circ}C$
0	29
702	30
997	31
1190	32
1368	33
1608	34
1870	35
2130	36
2470	37
2830	38
3190	39



3643	40
4021	39
4350	38
4620	37
5040	36
5535	35
6205	34
7020	33
8070	32
9300	31
10740	30



Gráfica IV. Temperatura contra tiempo del calentamiento y enfriamiento de una cavidad radiada sin aislante.

3.2 Análisis de Resultados

En la gráfica 1 correspondiente al material sin aislante térmico, ajustando la curva con polinomios se obtuvo la ecuación.

$$T=2 \times 10^{-14} t^4 - 3 \times 10^{-10} t^3 + 7 \times 10^{-7} t^2 + 0.0043t + 29.528 \quad (5)$$

En la gráfica 2 correspondiente al aislamiento térmico con aluminio, ajustando la curva con polinomios se obtuvo la ecuación.



$$T=4 \times 10^{-9} t^2 + 0.0006t + 29.974 \quad (6)$$

El primer término es muy pequeño así que la dependencia de la temperatura con el tiempo es casi lineal.

En la gráfica 3 se observa al comparar ambas curvas la notoria diferencia en la transferencia de calor desde la fuente de calor hasta el interior de la cavidad, siendo mucha mayor esta transferencia cuando tenemos la cavidad sin aislante térmico.

En la gráfica 4 se demuestra cómo las paredes de la cavidad se convierten en radiadores térmicos después de que se anula la fuente de calor. El tiempo de calentamiento de pasar de 30° a 40° fue de 2,941s y el de enfriamiento de 40° a 30° fue de 7097s esto indica que el tiempo de enfriamiento es 2.41 veces más grande que el de calentamiento, esto se debe a que las paredes de la cavidad se convierten en reservorios de energía y estarán radiando ondas térmicas. Esto tiene como consecuencia un aumento en el consumo de energía eléctrica.

3.3 Caracterización Térmica de Materiales.

En este modelo se caracteriza la potencia relativa media que trasmite la fuente hacia el aire dentro de la cavidad dependiendo del material que se utilice como aislante térmico con respecto de una cavidad sin aislar térmicamente.

El calor Q_v necesario para aumentar la temperatura del aire de la cámara esta dado por

$$Q_v = m C_v \Delta T \quad (7)$$

Donde m es la masa de aire, C_v es el calor específico a volumen constante.

La razón del calor ganado en las cavidades es

$$\frac{Q_s}{Q_{at}} = \frac{m C_v \Delta T_s}{m C_v \Delta T_{at}} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_{at}} \quad (8)$$

Donde Q_s es el calor que entro en la cavidad sin aislante y Q_{at} es el calor en la cavidad con aislante térmico. Resulta que esta razón solo depende del cociente de temperaturas, a su vez la razón de la potencia media trasferida P_0/P_{at} solo dependerá del cociente de temperaturas entonces

$$\frac{P_s}{P_{at}} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_{at}} \quad (9)$$

Donde P_0 y P_{at} son respectivamente la potencia media trasferida a la cavidad sin aislante y con aislante.

Esta razón de potencias medias trasferidas se puede usar para caracterizar la muestra en estudio, la referencia es la cavidad sin aislar y dependiendo de las propiedades de aislamiento térmico de la muestra será el valor que tome el cociente.

Esta razón da directamente el porcentaje de ahorro de energía que proporcionará el aislante térmico en estudio, es decir dará el porcentaje de energía que no pasa a la cavidad en la cavidad aislada con respecto a la cavidad sin aislante.

En el caso de la muestra de estudio, papel aluminio, de las gráficas se tiene que para un tiempo de calentamiento de 6520s el incremento de la temperatura de la cavidad aislada con aluminio fue de $\Delta T_{ai} = 4^\circ\text{C}$ y de $\Delta T_s = 17^\circ\text{C}$ para el material sin aislante, en este caso la razón de potencias es

$$\frac{P_{vs}}{P_{vai}} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_{ai}} = 4.25 \quad (10)$$

Definimos A_E el porcentaje medio de aislamiento de energía de la muestra en estudio como

$$A_E = \left(1 - \frac{\Delta T_s}{\Delta T_{ai}}\right) \% \quad (11)$$

Donde ΔT_{ai} es el incremento de temperatura de la cavidad con aislante y ΔT_s es el incremento de temperatura del material de referencian (en este caso el bloque de construcción).



Para el caso del aluminio el porcentaje aislamiento medio de energía es

$$A_E = 76,47\% \quad (12)$$

Esto quiere decir que si se reviste un techo con papel aluminio, el modelo experimental predice que este reflejará un 76.47% de la energía incidente que absorbería el techo. Esto sin duda tendría un gran impacto en el ahorro de energía eléctrica.

CONCLUSIONES

El modelo experimental desarrollado en esta investigación es una herramienta donde se caracteriza la potencia relativa de absorción de una cavidad aislada térmicamente con respecto a otra sin aislar y con esto se puede hacer una predicción del ahorro de energía que se tendría en techos y paredes aislados con los materiales caracterizados con el modelo.

El modelo demuestra en el caso particular del papel Aluminio, que si es usado en techos y paredes reflejará a la atmósfera el 76.47% de la energía que absorben, estos últimos, sin aislantes térmicos. Esto indudablemente tiene un ahorro en el consumo de energía eléctrica consumida por aires acondicionados. Además esta cantidad de energía reflejada es transparente a gases de efecto invernadero como el bióxido de carbono y metano, no así la radiación re emitida por los techos y paredes que alcanzan grandes temperaturas. Esto da pie a hacer un estudio completo de cómo el efecto isla de calor en ciudades y el calentamiento ambiental podría ser abatido simplemente usando papel aluminio.

REFERENCIAS

1. Robert Eisberg y Robert Resnick, Física Cuántica, (Ed. Limusa), 19-23, (1983).
2. Wolfgang Bauer y Gary D. Westfall, Física para ingenieros y ciencia Vol.1, (Ed. Mc Graw Hill), 589-592, (2011).
3. Hugh D. Young y Roger A. Freedman, Física Universitaria Vol. 1, (Pearson), 657-660 (2009) .
4. www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/calorespec.pdf



CONTROL E INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE UN BRAZO MECÁNICO CON UN GRADO DE LIBERTAD

Melitón Ezequiel Rodríguez Rodríguez, Víctor Rogelio Barrales Guadarrama, Raymundo Barrales Guadarrama y Ernesto Rodrigo Vázquez Cerón.

Universidad Autónoma Metropolitana—Azcapotzalco

Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, Azcapotzalco, México D.F., C. P. 02200.

Correos electrónicos: err@correo.azc.uam.mx, vrbg@correo.azc.uam.mx,
rbg@correo.azc.uam.mx, ervc@correo.azc.uam.mx

Resumen.- En este trabajo se describe el diseño y construcción de un brazo mecánico accionado por un motor de CD y un tornillo sinfín. La señal que se utiliza para iniciar el movimiento es una señal mioeléctrica generada por un músculo humano, la cual es acondicionada para ser procesada por un microcontrolador. De acuerdo a los resultados del procesamiento, se controla la etapa de potencia del motor que mueve el brazo mecánico.

La construcción de este mecanismo ha permitido adquirir las primeras experiencias encaminadas al desarrollo práctico de un exoesqueleto. Un exoesqueleto es una estructura que se encuentra fuera de un cuerpo, una especie de armazón externo. Este sistema se utiliza actualmente como prótesis para personas parapléjicas. La aplicación de estos sistemas ha permitido que estas personas caminen con ayuda del exoesqueleto, mejorando notablemente su calidad de vida.

Palabras clave: exoesqueleto, electromiograma, control de motor de dc, pic.

Abstrac: This work describes the design and construction of a mechanical arm driven by a DC motor and a worm. The signal that is used to start the motion is a myoelectric signal generated by a human muscle, which is conditioned to be processed by a microcontroller. According to the results of processing, we can control the power output stage which moves the mechanical arm.

The construction of this facility has afforded the first practical experiences aimed at developing an exoskeleton. An exoskeleton is a structure that is outside of a body, a kind of external frame. This system is currently used as paraplegics prostheses. The application of these systems has allowed these people to walk with the help of the exoskeleton, dramatically improving their quality of life.

Keywords: exoskeleton, electromyogram, dc motor control, pic.

1 INTRODUCCIÓN

Exoesqueletos

Por definición un exoesqueleto es una estructura que se encuentra afuera del cuerpo y sirve ya sea de protección o ayuda para la realización de ciertas tareas que al poseedor del mismo le sería imposible realizar sin la ayuda de este. En el ámbito de la robótica es una máquina móvil compuesta de un mecanismo que le permite a una persona realizar actividades fuera de lo común tales como: levantar grandes pesos o soportar largas caminatas. Actualmente, se encuentran exoesqueletos en aplicaciones militares, biomédicas, construcción y trabajos de rescate. Por lo que se puede apreciar, que el campo de acción de dichos dispositivos es muy amplio y variado.

Con el fin de simular un exoesqueleto a continuación se describe el diseño y construcción de un brazo mecánico muy simple accionado por un motor de CD y un tornillo sinfín. La señal que se



utiliza para iniciar el movimiento es una señal mioeléctrica generada por un músculo humano, la cual es acondicionada para ser procesada por un microcontrolador. De acuerdo a los resultados del procesamiento, se controla la etapa de potencia del motor que mueve el brazo mecánico.

La construcción de este mecanismo tan simple ha servido para adquirir las primeras experiencias encaminadas al desarrollo práctico de un exoesqueleto.

2 MATERIAL Y MÉTODO

En la siguiente figura se muestra el diagrama a bloques del sistema que se diseñó y elaboró y que se explica líneas abajo

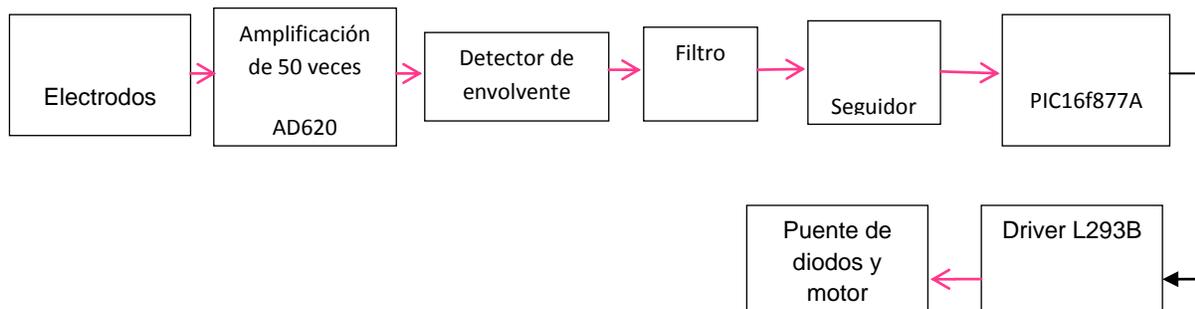


Figura 1. Diagrama a bloques del control del exoesqueleto.

2.1 Obtención de la señal electromiográfica

Utilizando electrodos subcutáneos se obtuvieron señales del músculo del brazo, para la amplificación se utilizó el AD620 que es un amplificador de instrumentación con ganancia de 50. Como la señal procedente del detector de envolvente es muy ruidosa se colocó un filtro pasabajas así como un seguidor, posteriormente se utilizó también un recortador de picos para suavizar aún más la señal.

2.2 Detector de envolvente

La señal que controla el movimiento del brazo es una señal EMG. La figura 2 muestra el comportamiento de la señal electromiográfica y su utilización en el movimiento del motor, tales respuestas son utilizadas para realizar el programa. En donde cambia de pendiente la gráfica se genera un '01' y en donde esta pendiente es cero se genera un '11', donde no existe actividad '00'. En los cambios de pendiente es donde se activará el motor, si la pendiente es positiva el motor subirá el brazo, si la pendiente es negativa el motor bajará el brazo, y si la pendiente es cero el motor permanecerá desactivado.

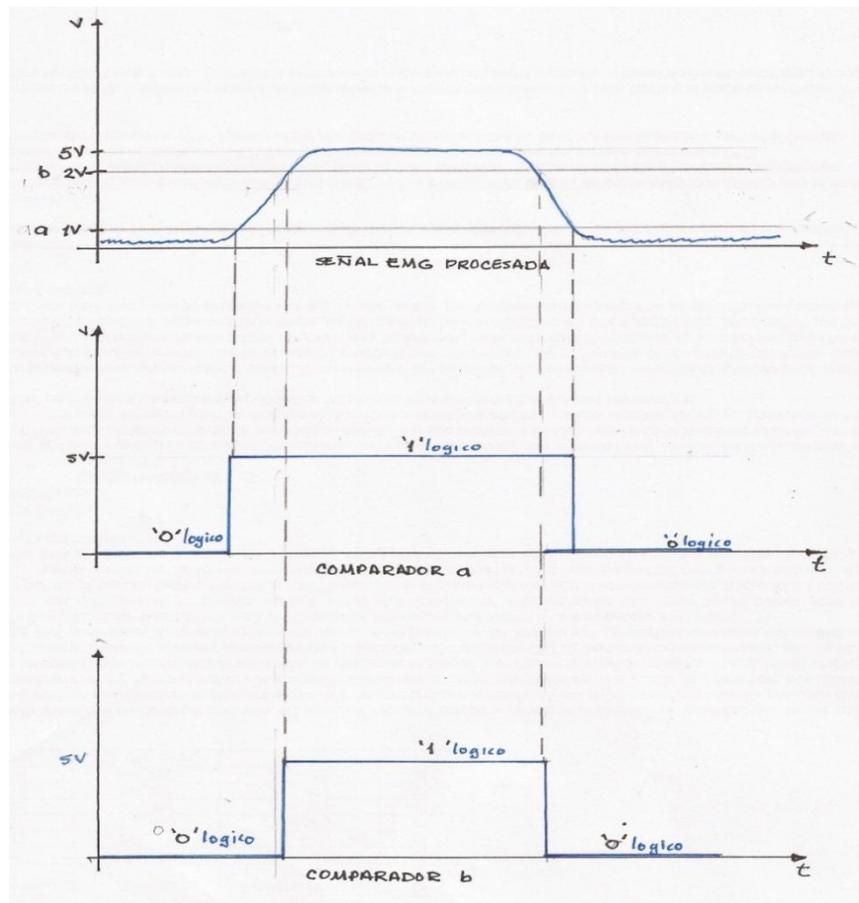


Figura 2. Graficas de la señal EMG y los comparadores de entrada al PIC.

2.3 Control del motor.

Para el diseño de la conexión del motor, se usó el circuito de la figura 3

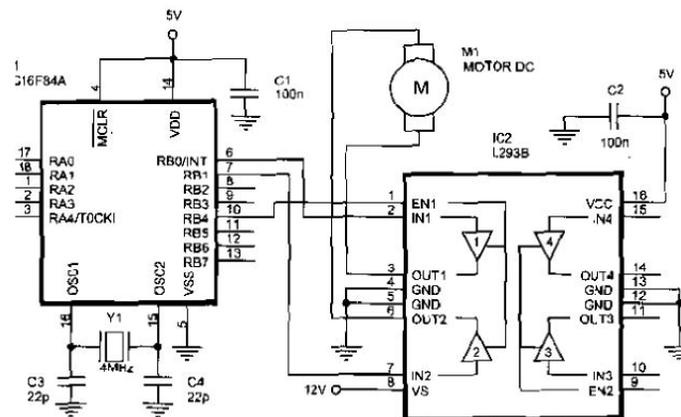


Figura 3. Diagrama de conexión del driver al microcontrolador y al motor



A continuación se muestra el programa para el pic hecho en BASIC para el control del brazo el cual funciona mediante estados

```
program brazo
dim bandera as byte ;variable que indica el estado anterior
dim estado as byte
main:
  CMCON = $05
  TRISA = $0F
  TRISB = $00
  while true
bandera.7= CMCON.7 and CMCON.6 'estado anterior
if bandera.7= 0 then
  if cmcon.7 = 1 then
    if cmcon.6=1 then
      PORTB= $FF ; salida para el driver brazo sin movimiento
      bandera.7= CMCON.7 and CMCON.6
    else
      PORTB=$05 ; salida para el driver baja el brazo
      delay_ms(10000)
      delay_ms(10000)

      bandera.7= CMCON.7 and CMCON.6
    end if
  end if
  PORTB=$0F ; salida para el driver brazo sin movimiento
  bandera.7= CMCON.7 and CMCON.6
else
if CMCON.7 = 1 then
  if cmcon.6= 0 AND (PORTA.2 = 1) then
    PORTB=$06 ; salida para el driver sube el brazo
    delay_ms(10000)
    delay_ms(10000)
  else
    PORTB=$FF ; salida para el driver brazo sin movimiento
    bandera.7= CMCON.7 and CMCON.6
  end if
end if
end if
end if
wend
end.
```



3. RESULTADOS

La parte más importante del proyecto fue la obtención y procesamiento de la señales EMG ya que son las que se utilizaron para el movimiento del motor. A continuación se muestran los registros obtenidos en el osciloscopio en las diferentes etapas del circuito

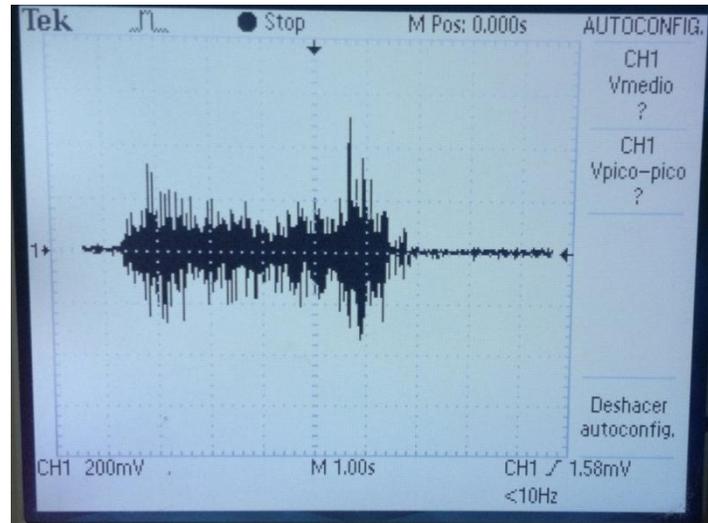


Figura 4. Señal electromiográfica amplitud máxima $\pm 300\text{mV}$

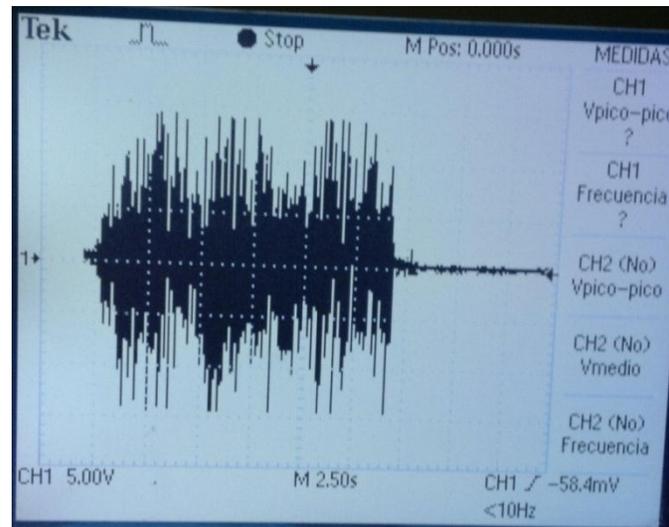


Figura 5. Señal amplificada con AD620 con ganancia de 50

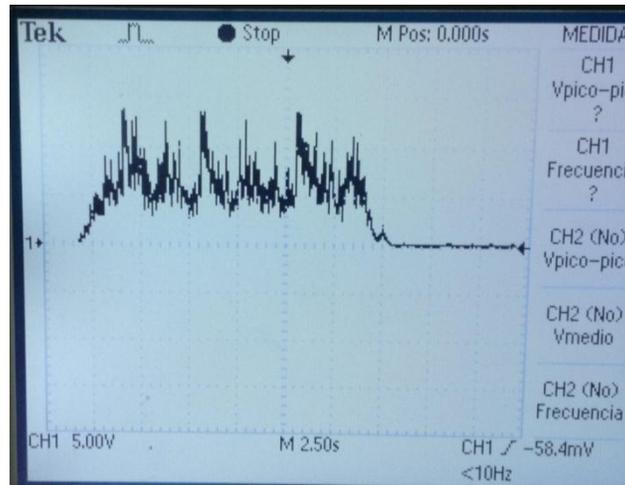


Figura 6. Señal después del detector de envolvente donde solo se muestra la parte positiva

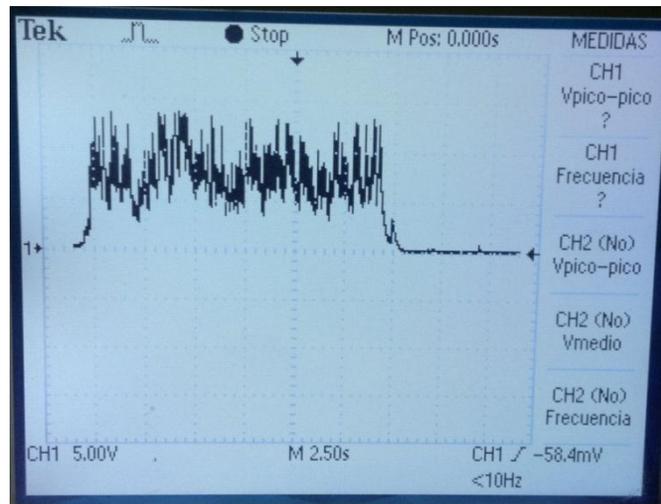


Figura 7. Señal después del filtro

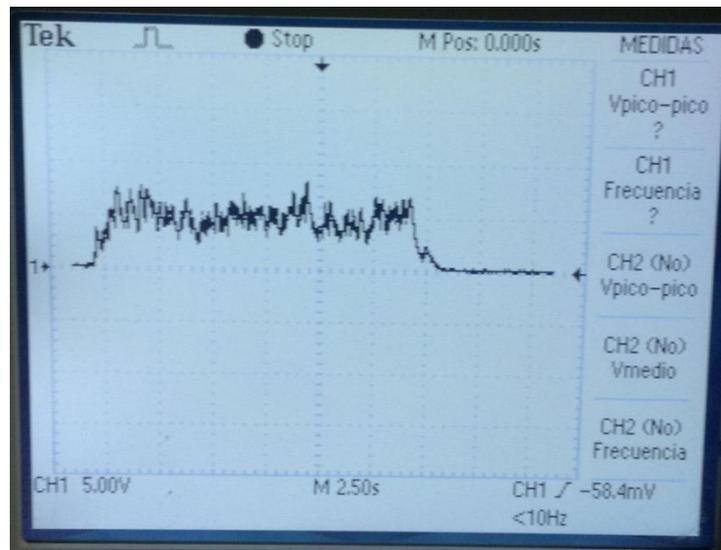


Figura 8. Señal después del recortador de picos, esta es la señal que entra al pic

Como se comentó el “brazo” utilizado son dos barras de aluminio, tornillo sin fin, y motor dc, este mecanismo se muestra en la figura 9

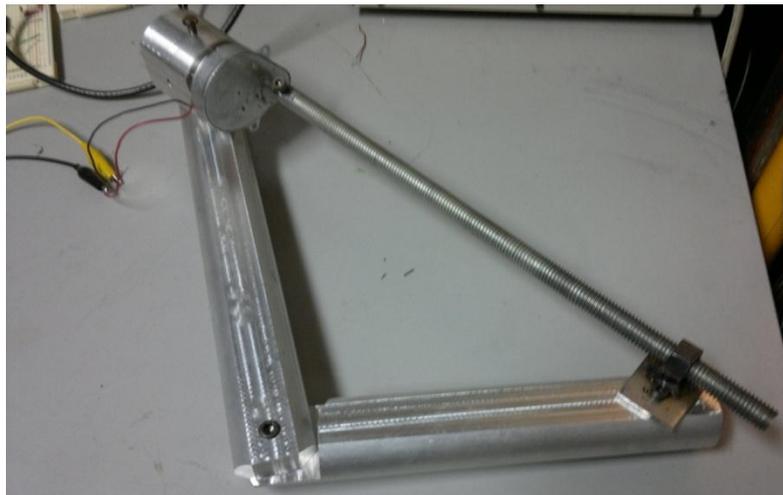


Figura 9. Brazo mecánico que cuenta con un tornillo sin fin unido al motor para el movimiento de extensión y contracción



4. CONCLUSIONES

La realización de este proyecto engloba varias ramas de la electrónica tanto la analógica como la digital. Se utilizaron varios circuitos que no son precisamente para aplicaciones en control o instrumentación, sus aplicaciones principalmente son en comunicaciones, estos fueron bastante útiles para el procesamiento de la señal, cabe mencionar que las señales electromiográficas (EMG) son difíciles de obtener y muy susceptibles al ruido.

La construcción de este prototipo de exoesqueleto es una base importante para poder posteriormente implementar uno con mayores grados de libertad, e implementarlo en varios campos como son la rehabilitación de personas con poca movilidad en brazos, también puede ser utilizado en otros propósitos tales como para aumentar la fuerza física de una persona y su resistencia.

La electrónica es primordial en este proyecto ya que sin esta no es posible realizarlo, desde la obtención de la señal el procesamiento, la programación del microcontrolador hasta la parte de potencia para poder realizar el movimiento del exoesqueleto.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Hayt, William, Kemmerly, Jack, Durbin, Steven, *Análisis de circuitos en Ingeniería*, Mc Graw-Hill, Mexico, 2009.
2. Palacios, Enrique. Remiro, Fernando. López, Lucas, *Microcontrolador PIC16F84. Desarrollo de proyectos*, Alfaomega. 2004.
3. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> (consultada el 5/04/2013)
4. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXurruu.pdf> (consultada el 5/04/2013)



MONITOREO, PROTECCIÓN Y CONTROL REMOTO DE DOS MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

Alfredo Ramírez-Ramírez, Jorge A. Vélez Enríquez, Jesús García-Guzmán, Diego A. Zamora-García y Farah H. Villa-López

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana

jesusgarcia@ieee.org

Resumen — la instrumentación virtual es una herramienta ampliamente utilizada en la industria, la investigación y la educación tanto para la experimentación como para el monitoreo y control de diversos procesos. En el presente trabajo se presenta el desarrollo de un instrumento virtual para llevar a cabo pruebas y prácticas de laboratorio en el área de máquinas eléctricas. El instrumento virtual fue desarrollado empleando el software labview®, y permite el monitoreo y control remoto y en tiempo real de dos motores eléctricos de inducción trifásicos, así como la protección del equipo de laboratorio. El sistema propuesto hace uso de la instrumentación virtual, reemplazando los instrumentos de medición convencionales e introduciendo a los estudiantes a las nuevas tecnologías. En este trabajo se describen los elementos desarrollados para la implementación del instrumento virtual propuesto y se presentan las características disponibles del sistema.

1. Introducción

En los últimos años, los avances tecnológicos han hecho posible el desarrollo de nuevas herramientas informáticas, tales como la instrumentación virtual, empleadas para la medición de diversos parámetros físicos y el control de distintos procesos industriales. Además, las nuevas tecnologías de redes y comunicación permiten que dichas herramientas computacionales puedan ser utilizadas no solamente desde una sola computadora, sino también de forma remota y desde diversos lugares a través de internet.

Actualmente, la instrumentación virtual tiene diversas aplicaciones en la industria, en el campo de la investigación y en el área educativa. En particular, la instrumentación virtual mediante labview® es ampliamente empleada en dichos campos. Ejemplos de sus aplicaciones industriales y de investigación pueden encontrarse al observar los trabajos descritos por dimitrijević y simić [1] y zhanli wang et. Al [2] en donde se presentan el desarrollo de un proceso automatizado para realizar pruebas de determinados parámetros a circuitos integrados y el diseño de un sistema para llevar a cabo las pruebas correspondientes al embrague de un automóvil, respectivamente.

En el área de la educación, los instrumentos virtuales, especialmente los desarrollados con el software labview®, han sido orientados a la experimentación práctica haciendo uso de ellos como la herramienta principal para la implementación de laboratorios virtuales y remotos. Esto puede notarse al revisar los laboratorios remotos implementados para realizar prácticas experimentales en diversas áreas de la ingeniería [3-5] y, en especial, para llevar a cabo experimentos con máquinas eléctricas [6,7].

El monitoreo de las máquinas eléctricas resulta de gran importancia pues las fallas, mal funcionamiento o variaciones de ciertos parámetros pueden ocasionar daños permanentes a los equipos. En el caso de los motores eléctricos, es importante verificar los valores de voltaje debido a que la vida útil de un motor puede disminuir si se le somete a variaciones de voltaje o si se presentan sobrecorrientes ante caídas de tensión, o incluso puede quemarse si eventualmente se



presenta la pérdida de una fase, de aquí que una de las prioridades sea la medición constante de los voltajes. Las corrientes son también una de las variables eléctricas más significativas que deben monitorearse puesto que éstas son el reflejo de la potencia que está siendo consumida por el sistema eléctrico.

En este trabajo, se presenta la implementación de un sistema de monitoreo, protección y control remoto de motores eléctricos trifásicos de inducción, cuyo objetivo principal es ser utilizado por estudiantes de ingeniería para llevar a cabo experimentos y pruebas con motores eléctricos. Para su implementación se desarrolló un instrumento virtual empleando el software labview® y se requirió de hardware adicional, es decir, una tarjeta de adquisición de datos y una cámara web, así como del diseño y fabricación de circuitos de acondicionamiento de señales para la obtención de los valores de voltaje y corriente. El sistema permite controlar remotamente el arranque y paro de los motores de tres formas distintas, el monitoreo de distintos parámetros eléctricos, la visualización de los equipos en tiempo real y la protección del equipo de laboratorio.

2. Descripción del sistema

Para la implementación del sistema propuesto se utilizaron dos motores trifásicos de inducción jaula de ardilla de ¼ hp. La figura 1 muestra el diagrama de conexiones del circuito de fuerza para llevar a cabo el control de los motores.

El circuito de fuerza corresponde al suministro de potencia trifásica que se le entrega a los motores trifásicos de inducción. Dicho circuito está formado por una fuente de alimentación trifásica de 220 v de corriente alterna de línea (v1), contactos normalmente abiertos y los dos motores de inducción. Las tres fases de la fuente de alimentación están conectadas a los motores trifásicos de inducción (m1 y m2). En las líneas de alimentación se colocan contactos normalmente abiertos que conmutan cuando las bobinas de los relevadores de potencia se energizan a 127 v de corriente alterna, permitiendo el flujo de corriente eléctrica para energizar los motores.

Como puede apreciarse en el diagrama de la figura 1, el circuito de fuerza no cuenta con las protecciones eléctricas requeridas; esto se debe a que dichas protecciones son proporcionadas por la programación desarrollada en el software labview®, lo cual se describirá más adelante.

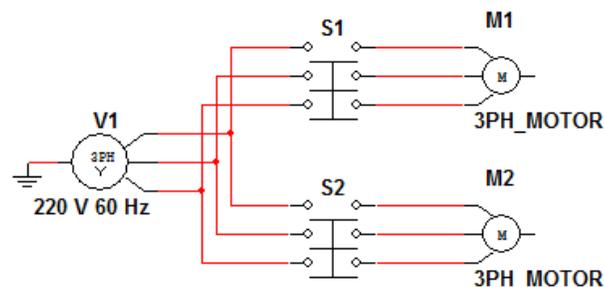


Figura .1 circuito de fuerza para los motores trifásicos de inducción.



3. Circuitos de acondicionamiento de las señales eléctricas

Para la adquisición y generación de las señales eléctricas involucradas en el sistema propuesto se utilizó una tarjeta de adquisición de datos multifuncional ni-usb 6211. Para la implementación del sistema se emplearon los puertos de entradas analógicas y salidas digitales de dicha tarjeta; sin embargo, las señales eléctricas enviadas hacia y recibidas desde la tarjeta de adquisición de datos deben ser acondicionadas debido a que la tarjeta no soporta altos valores de voltaje ni emite las señales eléctricas necesarias para accionar los motores eléctricos. Por esta razón, se diseñaron y construyeron tres circuitos diferentes para el acondicionamiento de las señales eléctricas, es decir, de la señal eléctrica enviada por las salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos y de las señales de voltaje y corriente de la instalación eléctrica trifásica.

3.1 Acondicionamiento de las señales eléctricas enviadas por las salidas digitales

Para controlar el arranque y paro de los motores a través de la computadora, el instrumento virtual desarrollado fue programado para enviar señales digitales a determinados puertos de salida digital de la tarjeta de adquisición de datos, la cual generará una señal eléctrica y, dependiendo del valor digital enviado, se accionarán los relevadores trifásicos de potencia. Las señales eléctricas generadas por los puertos digitales no proporcionan los valores de voltaje necesarios para accionar los relevadores por lo que se desarrolló un circuito de acondicionamiento para poder accionar cada uno de los motores eléctricos. La figura 2 muestra el diagrama de dicho circuito, en el que la señal digital proveniente de la tarjeta de adquisición de datos es transformada en fuerza motriz.

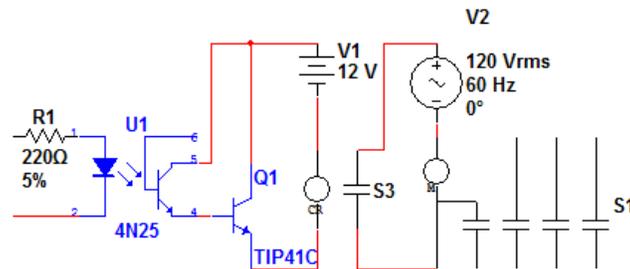


Figura 2. Circuito para el accionamiento de los relevadores trifásicos de potencia.

La salida digital de la tarjeta de adquisición de datos debe ser conectada en serie con la resistencia de 220Ω mientras que la tierra digital de dicha tarjeta se conecta a la terminal 2 del optoacoplador, mostrada en la figura. Cuando el usuario desea arrancar uno de los motores, debe especificarse dicha función a través de la interfaz gráfica desarrollada. Al hacerlo, se emite una señal digital de 1 lógico y se genera una señal eléctrica en serie con la resistencia de 220Ω y el led del optoacoplador. Este led, a su vez, activa el fototransistor conectado en el circuito de 12 v de corriente directa, el cual se encuentra configurado en emisor común y actúa como interruptor para dar continuidad a otro transistor en la misma configuración pero con mayor capacidad de corriente. Finalmente, es este dispositivo el que, conectado a la misma fuente de 12 v de corriente directa, energiza la bobina del relevador rasj, el cual a su vez energiza la bobina del relevador trifásico de potencia con una corriente alterna de 120 v, dando continuidad a las líneas que alimentan al motor.



3.2 Adquisición de las señales de voltaje

Para la adquisición de las señales eléctricas de voltaje, se utilizaron los puertos de entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos. En dichos puertos es posible introducir señales analógicas que son convertidas por la tarjeta de adquisición en señales digitales para poder ser procesadas por la computadora y ser mostradas en la interfaz gráfica. El inconveniente que se presenta es que la tarjeta de adquisición de datos solo soporta niveles de +/-10 v, por lo que los 120 v de fase del circuito de fuerza dañarían la tarjeta. Por ello, se diseñó y construyó el circuito de acondicionamiento de señales mostrado en la figura 3. Este circuito permite tanto proteger la tarjeta como llevar los valores de voltaje de fase a valores tolerados por la tarjeta de adquisición de datos.

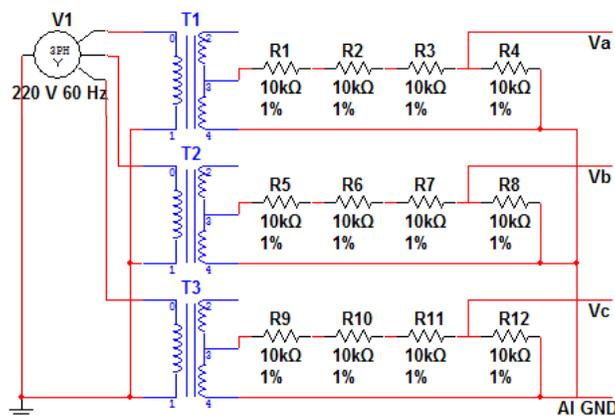


Figura 3. Circuito para la obtención de la señales de voltaje.

A las tres líneas de voltaje que alimentan al motor se conectaron tres transformadores de potencial de cada fase al neutro formando una conexión en estrella. Los transformadores se conectan directamente en la fuente para monitorear el voltaje de ambos motores.

Los transformadores de potencial tienen una relación de transformación de 120/6 v con derivación central en el secundario. Dichos transformadores están conectados en estrella en el lado primario, y en el lado secundario tienen cargas resistivas conectadas en serie por cada fase con la finalidad de que funcionen como divisores de tensión. El voltaje medido desde el neutro de la estrella hasta la primera resistencia en cada fase tiene un valor aceptable para la tarjeta de adquisición de datos y de esta forma se asegura que en ningún momento se envíe una señal eléctrica hacia la tarjeta de un valor mayor a 10 v.

3.3 Adquisición de las señales de corriente

La figura 4 muestra el circuito de acondicionamiento diseñado para llevar a cabo la adquisición de las señales de corriente sin dañar la tarjeta de adquisición de datos empleada. Para el desarrollo de dicho circuito se utilizaron tres transformadores de corriente tipo dona, los cuales proveen de un pequeño flujo de corriente que se encuentra en función del flujo de corriente en las líneas del circuito de fuerza.



Los transformadores de corriente se colocaron desde la fuente trifásica de voltaje con el objeto de medir la corriente total que consuman los dos motores. A través del centro de cada uno de dichos transformadores pasa el conductor de cada una de las fases del circuito de fuerza que alimenta a los motores. En el lado secundario de los transformadores se conectó una resistencia equivalente de 0.25Ω , con lo cual se obtiene una caída de tensión al paso de la corriente secundaria que es proporcional a la corriente del lado primario.

Estas señales de voltaje son las que se conectan a los puertos de entrada analógica de la tarjeta de adquisición de datos y se encuentran señaladas como i_a , i_b e i_c .

Con el objetivo de mantener un solo punto de referencia, el neutro del lado secundario de los transformadores de corriente se conectó con el neutro del lado secundario de los transformadores de potencial del circuito para la adquisición de las señales de voltaje.

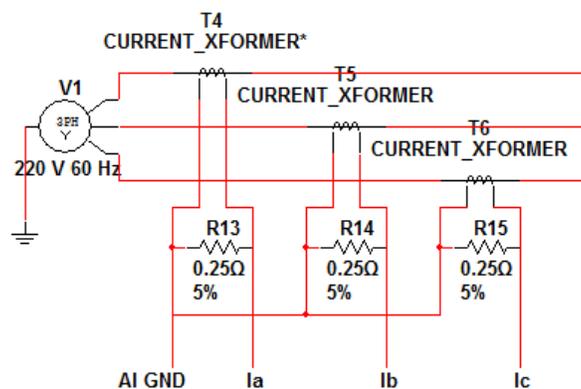


Figura 4. Circuito para la adquisición de las señales de voltaje que reflejan las corrientes.

4. Interfaz de usuario y características del sistema

El instrumento virtual desarrollado para la implementación del sistema propuesto se realizó utilizando el software labview[®]. Dicho instrumento virtual se encuentra formado por un panel frontal y un diagrama de bloques. El panel frontal es la interfaz con la que el usuario interactúa para controlar y monitorear los motores eléctricos, mientras que el diagrama de bloques contiene el código de programación que permite realizar dichas funciones; además, es en dicha programación en donde se incluyen las protecciones de los equipos, las cuales se ejecutarán en caso de ser necesario. Dichas protecciones se explicarán más adelante.

El panel frontal del instrumento virtual desarrollado se muestra en la figura 5. Esta interfaz fue diseñada para ser utilizada de una forma fácil y sencilla y poder visualizar los datos de forma clara y precisa. En general, la interfaz está formada por controles e indicadores que permiten llevar a cabo el arranque y paro de los motores, visualizar diversos parámetros eléctricos y observar los motores eléctricos en tiempo real.

El control de los motores eléctricos se puede llevar a cabo de tres formas distintas: control manual (utilizando botones virtuales disponibles en la interfaz gráfica), control automático y control secuencial. El usuario debe seleccionar el tipo de control a ejecutar mediante las pestañas disponibles en la esquina derecha inferior del panel frontal. Para el control manual se cuenta con dos botones, cuyas funciones son el arranque o paro de cada uno de los motores, según sean presionados por el usuario. El control secuencial es un arranque semiautomático; en este caso



solamente se cuenta con un botón de arranque/paro y un control para especificar el tiempo en el que el segundo motor debe arrancar con respecto al arranque del primero. En el control automático no se cuenta con botones, sino que consiste en controles en los cuales debe introducirse la fecha y hora de arranque y paro de los motores y, una vez especificadas, se ejecutará el arranque y paro sin la intervención de un operario.

Diferentes indicadores fueron colocados en el panel frontal para el monitoreo de las variables eléctricas de los motores. En la parte inferior de la interfaz se colocaron indicadores numéricos que despliegan los valores de voltaje y corriente para cada una de las fases; además, pueden observarse los valores de frecuencia, desfase entre voltaje y corriente, factor de potencia y las potencias real, reactiva en cada fase. Se cuenta además de indicadores gráficos que muestran las gráficas de voltaje y corriente para cada fase y, finalmente, el equipo real colocado en el laboratorio puede observarse en tiempo real a través de la interfaz gráfica.

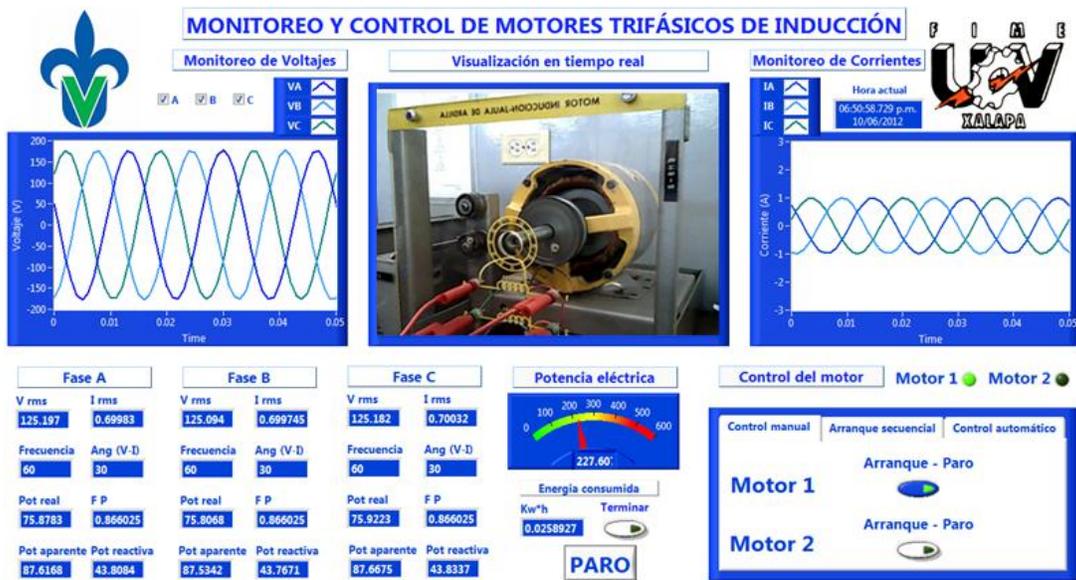


Figura 5. Imagen de la interface gráfica en ejecución del control del motor.

Como ya fue mencionado, el diagrama de bloques contiene la programación desarrollada para la adquisición, generación y procesamiento de todas las señales. En dicha programación se incluyeron las protecciones necesarias para los motores eléctricos, es decir, dependiendo de la falla presente, los relevadores trifásicos se liberan evitando causar daño al equipo eléctrico. Las protecciones consideradas fueron las siguientes: protección contra sobrecarga del motor, contra cortocircuito, contra sobrevoltajes, contra caídas de tensión, contra desbalance de voltajes y contra pérdida de fase.

La protección contra sobrecarga permite sobrecarga de 110% durante cierto tiempo. Cuando el tiempo especificado ha transcurrido, los relevadores trifásicos se liberan. De acuerdo a las demás protecciones consideradas, los relevadores trifásicos se liberan en cualquiera de los siguientes casos: cuando se detecta una sobrecorriente excesiva en cualquier fase del sistema eléctrico, cuando el valor de algún voltaje eficaz de cualquier fase supera los 140 v de corriente alterna, cuando el valor de los voltajes eficaces de cualquier fase disminuye a menos de 110 v de corriente alterna, en el caso que se presente un desbalance de más de 10% entre los voltajes de fase y



cuando se presenta la pérdida de alguna de las fases del sistema eléctrico. Una descripción detallada del instrumento virtual desarrollado y el sistema en general puede encontrarse en [8].

5. Monitoreo y control remoto de los motores

El control y monitoreo remoto de las máquinas eléctricas representa grandes ventajas en la industria y cuenta con muchas aplicaciones; el poder controlar los equipos a distancia permite a los operarios disminuir riesgos personales al no operar directamente con las máquinas y tener acceso a los equipos desde cualquier lugar.

Con fines educativos, el acceso remoto al instrumento virtual desarrollado permite realizar las prácticas de laboratorio sin restricciones de lugar ni tiempo, además de compartir los recursos disponibles entre diversas instituciones y campus de una misma universidad, brindado experimentación práctica a un mayor número de estudiantes.

La operación remota, a través de internet, del panel frontal del instrumento virtual desarrollado para el monitoreo y control de los motores se llevó a cabo haciendo uso del servidor web y la aplicación *web publishing tool* con que cuenta el software *labview*[®]. Empleando estas herramientas, es posible crear un archivo html y publicar el panel frontal en una página web. Después de realizar una serie de configuraciones sencillas, se obtiene la dirección url a través de la cual puede accederse de forma remota al panel frontal. Dicha dirección url está formada por la dirección ip de la computadora dispuesta en el laboratorio, la cual funciona como el servidor, y el nombre del archivo html asignado.

Una vez que el panel frontal ha sido publicado, se puede acceder a él a través de cualquier navegador web y desde cualquier computadora con conexión a internet, siempre y cuando se cuente con las aplicaciones necesarias y el instrumento virtual se encuentre activo en la computadora servidor.

Varios usuarios pueden acceder al panel frontal a través de la web; sin embargo solamente uno de ellos podrá controlar los motores mientras que los demás solo podrán monitorear el proceso y las variables eléctricas mostradas en la interfaz.

6. Conclusiones

En este trabajo se describió un instrumento virtual desarrollado para el monitoreo y control remoto de dos motores eléctricos de inducción trifásicos. El instrumento virtual permite controlar los motores de tres formas distintas y hace posible el monitoreo de diversas variables eléctricas, tales como las corrientes y voltajes del sistema trifásico, así como la visualización en tiempo real y desde cualquier lugar de los motores eléctricos instalados en el laboratorio. Aunque la interfaz virtual desarrollada tiene, principalmente, fines educativos para la experimentación práctica, también puede aplicarse a campos industriales para el monitoreo de máquinas eléctricas.

Las pruebas obtenidas al conectar los circuitos y ejecutar el programa fueron más que satisfactorias. Mediante factores de corrección se ha podido calibrar cada una de las señales de entrada para ser introducidas en el programa diseñado sin perder precisión significativa.

El tiempo de respuesta al accionar los interruptores virtuales para el arranque y paro de los motores es mínimo y se observó un comportamiento estable con el transcurso del tiempo con los tres tipos de controles.

Condiciones inusuales fueron provocadas para comprobar el correcto funcionamiento de las protecciones programadas para los motores y no se presentaron problemas, las protecciones respondieron en los tiempos especificados en el programa.



Haciendo uso de la instrumentación virtual, el número de elementos necesarios para realizar el control computarizado de motores eléctricos es menor al de elementos empleados para el control clásico de motores.

Con el monitoreo remoto del control de motores eléctricos se tiene la ventaja de poder controlar a distancia, desde cualquier parte del mundo, cualquier máquina, además de estar verificando de forma constante los valores de voltaje y corriente, así como, la potencia en tiempo real.

Referencias

1. B.r. dimitrijević and m.m. simić, *proceedings of the 2010 27th international conference on microelectronics (miel)*, "virtual instrumentation software applied to integrated circuit testing procedure", 353-356, (2010).
2. Z. Wang, h. Guo, y. Lin and w. Wang, *proceedings of the 2009 international conference on mechatronics and automation (icma)*, "research on test system of automobile clutch plate based on virtual instrument", 1716-1720, (2009).
3. N. Hasim, m.f. basar and m.s. aras, *proceedings of the ieee student conference on research and development (scored)*, "design and development of a water bath control system: a virtual laboratory environment", 403-408, (2011).
4. F.h. villa-lópez, j. García-guzmán, j. Vélez enríquez, s. Leal-ortíz and a. Ramírez-ramírez, *procedia technology*, in press.
5. A. Rojko, d. Hercog and k. Jezernik, *mathematics and computers in simulation*, 82, 3, 508-516, (2011).
6. A. Yazidi, h. Henao, g.-a. Capolino, f. Betin and f. Filippetti, *ieee transactions on industrial electronics*, 58, 10, 4950-4959, (2011).
7. J. García-guzmán, f.h. villa-lópez, f.h. silva-del-rosario, a. Ramírez-ramírez, j. Vélez enríquez, e.j. álvarez-sánchez, *procedia technology*, 3, 224-234, (2012).
8. D.a. zamora-garcía, *monitoreo y control remoto de motores eléctricos mediante instrumentación virtual*, (tesis de licenciatura, universidad veracruzana, méxico), (2012).



PRUEBAS ELÉCTRICAS A REGULADORES DE TENSIÓN COMERCIALES.

Emmanuel Torres Montalvo, Freddy I. Chan Puc, Víctor M. Sánchez Huerta, Homero Toral Cruz,
Miguel A. Tamániz Hernández
Universidad de Quintana Roo, División de Ciencias e Ingeniería.
etorres@uqroo.mx, freddy@uqroo.mx, vsanchez@uqroo.mx, htoral@uqroo.mx,
tamaniz@hotmail.com

Resumen. En México la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica establece que la tensión eléctrica suministrada por la compañía de energía eléctrica puede variar en un rango de +/- 10% de su valor nominal, lo cual puede ocasionar daños severos a los equipos electrónicos que se tienen en el hogar. Bajo este escenario, es necesario proteger los dispositivos electrónicos empleando reguladores de tensión. En este trabajo se seleccionaron siete reguladores de tensión comerciales los cuales fueron sometidos a variaciones de tensión mientras operaban con carga eléctrica. Se determina si los reguladores cumplen con el rango de protección especificado en sus placas de datos cuando se someten a variaciones lentas de voltaje. Posteriormente, se someten a cambios rápidos de tensión y se determina el tiempo de respuesta de cada regulador. Finalmente se clasifican los reguladores de acuerdo a su desempeño, tiempo de respuesta y nivel de protección de la carga eléctrica.

Abstrac. In Mexico, the Electricity for Public Service Law establishes that the electrical tension supplied by the electricity company may vary between +/- 10% of its nominal value, causing severe damage to electronic devices and equipment commonly used in homes. Considering this scenario, it becomes necessary to protect electronic devices by using voltage regulators. In this study, seven commercial voltage regulators were chosen and submitted to changes in voltages while being operated. First of all, we determined the extent to which the regulators protect items according to the range specified on labels while being submitted to slow changes in voltage. Secondly, the regulators were exposed to fast changes in voltage in order to determine the time each regulator takes to respond. Finally, the regulators were classified according to their effectiveness, time of response and level of protection from electricity charges.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los equipos electrónicos son más sensibles a las variaciones del suministro de la energía eléctrica que sus antecesores de hace 10 a 20 años [1]. Key en 1978 analiza este incremento en la sensibilidad de los equipos electrónicos a los disturbios de voltaje e introduce los primeros conceptos sobre calidad de energía [2]. Pero no solo los equipos electrónicos se han vuelto más sensibles a las perturbaciones o variaciones de voltaje de la red eléctrica también los diferentes sectores productivos se ven afectados por los disturbios en la red eléctrica que ocasionan una mala operación de equipos como PLC, microcontroladores, sistemas de monitoreo y demás, involucrados en los procesos de producción ocasionando pérdidas monetarias. En [4] se estimó que para 1998 en USA, los problemas relacionados con el suministro de energía de la red eléctrica tuvieron un costo aproximado de 26 billones de dólares. En el sector doméstico se emplean diversos dispositivos electrónicos como computadoras, televisores de plasma o led, equipos de sonido, celulares, etc., los cuales también son sensibles a las variaciones de voltaje y



pueden dañarse a causa de los disturbios [1,2]. En México la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica establece que el rango aceptable de variación de la tensión eléctrica es de +/- 10%, [5] es decir de 114 V a 140 V, lo que puede afectar la operación y la vida útil de los equipos electrónicos.

2 VARIACIONES DE VOLTAJE

Existen diversas variaciones o anomalías que afectan a la tensión eléctrica. La terminología y clasificación empleada en este trabajo se basa en el estándar IEEE STD 1159-2009 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers), la cual sustituye al estándar IEEE STD 1159-1995 y fue publicada el día 26 de junio del 2009 en New York. A continuación se presentan algunas de las variaciones de tensión más comunes.

2.1 Transitorios

Los transitorios son variaciones de muy corta duración en el voltaje o corriente, son los eventos más fatales y los responsables en la gran mayoría de las veces de alterar y dañar los equipos eléctricos y electrónicos sensibles, estos transitorios se puede clasificar como impulsos y oscilatorios:

Los transitorios pueden ser causados por diferentes fenómenos como son:

- Tormentas atmosféricas
- Operación de los sistemas de protección
- Operaciones de conmutación de cargas en ciertos intervalos de tiempo.
- Conexión y/o desconexión de condensadores en red de energía (oscilatorios)
- Fotocopiadoras.

2.2 Interrupciones

Una interrupción se produce cuando disminuye la tensión de alimentación o la corriente de carga a menos de 0.1 p.u. (por unidad) durante un período de tiempo no superior a 1 min. Las interrupciones pueden ser el resultado de fallos del sistema de potencia, fallos de equipo, y el mal funcionamiento. La duración de una interrupción se mide a partir del instante en el cual la magnitud se mantiene en un valor menor al 10% de su valor nominal.

La duración de una interrupción debido a un fallo en el sistema de suministro está determinada por la operación de los dispositivos de protección y del evento en particular que está causando el fallo. Algunas interrupciones pueden estar precedidas por un hueco de tensión. El hueco de tensión se produce en el momento que la falla inicia y opera el dispositivo de protección.

2.3 Hueco (Sag/Dip)

Un hueco de tensión (Sag) es una disminución de la tensión eficaz entre 0.1 p.u. y 0.9 p.u. con una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto. Los huecos de tensión suelen estar asociados con las fallas del sistema, pero también puede ser originados por la energización de cargas grandes o el arranque de motores grandes.



Un Dip es la denominación utilizada por la IEC (International Electrotechnical Commission) para un hueco de tensión con una magnitud de 0.01 p.u. hasta 0.9 p.u., estos pueden ser causados por cambios de cargas de gran tamaño o la puesta en marcha de motores grandes.

2.4 Incremento (Swell)

Un Swell es un incremento de la tensión por encima de 1.1 p.u. y hasta 1.8 p.u. con una duración de 0.5 ciclos hasta 1 minuto. Los valores típicos son entre 1.1 p.u. y 1.2 p.u. Los swell también están asociados con condiciones de falla en el sistema, pero estos no son tan comunes como los sags. Los swell también pueden ser ocasionados por la desconexión de grandes cargas o por la energización de grandes bancos de capacitores.

2.5 Baja tensión (Undervoltage)

Una baja tensión es una disminución de la tensión rms de menos de 0.9 pu durante una duración mayor a 1 min. Los valores típicos se encuentran entre 0.8 pu y 0.9 pu. El término baja de voltaje se utiliza para describir períodos prolongados de baja tensión-frecuencia como estrategia específica de generación para reducir el suministro de energía. La conexión de una carga o la desconexión de un banco de capacitores pueden ocasionar bajo voltaje tal que se requiera emplear reguladores de tensión.

2.6 Sobretensión (Overvoltage)

Una sobretensión es un aumento del voltaje rms con un valor mayor a 1.1 p.u. durante un periodo de tiempo mayor a 1 min. Los valores típicos son 1.1 p.u. a 1.2 p.u. Las sobretensiones pueden ser el resultado de la conmutación de cargas (por ejemplo, la desactivación de una carga grande), o variaciones en la compensación de reactivos en el sistema (por ejemplo, conmutación en un banco de condensadores).

2.7 Distorsión armónica

La distorsión de la forma de onda se define como la desviación de una señal senoidal en estado estacionario respecto de una señal senoidal ideal, caracterizada principalmente por el contenido espectral de la desviación.

Hay cinco tipos de distorsión en la forma de onda:

- DC Offset
- Armónicos (Harmonics)
- Interarmónicos (Interharmonics)
- Muecas (Notching)
- Ruido (Noise)

3 REGULADORES DE TENSIÓN

Un regulador de tensión o regulador de voltaje es un equipo eléctrico-electrónico fabricado para mantener la magnitud del voltaje estable ya que las variaciones de tensión deterioran los circuitos de los equipos, dañándolos gravemente, y en algunos casos, ocasionando que dejen de funcionar.



Los usuarios que no poseen protección contra variaciones de tensión pueden experimentar costosas consecuencias. Los rayos eléctricos y sobretensiones transitorias que viajan por la línea de la energía eléctrica, pueden destruir componentes internos en los equipos de cómputo; mientras que los apagones y caídas de voltaje pueden causar "caídas" inesperadas de los sistemas. En general, todos los problemas de energía pueden causar pérdidas de datos y destruir archivos. Un regulador de tensión se utiliza para mantener el voltaje de salida de una fuente de CA en un valor constante (ideal) independientemente de la corriente de carga que suministre.

Existen diversos tipos de reguladores en el mercado, los cuales se clasifican de acuerdo al principio o tecnología de regulación que utilizan. La marca SolaBasic en su página oficial proporciona la siguiente clasificación:

Regulador de Tensión Electrónico: Equipo de regulación voltaje de línea por medio de la detección de las variaciones presentes mediante una tarjeta de control electrónica que puede ser de varias tecnologías tales como: Compensación, igualación o decremento de flujo magnético en un transformador o auto transformador con derivaciones.

Regulador de Tensión Electromagnético: La característica principal de este equipo de regulación de tensión de línea es que opera electrónica y magnéticamente y su funcionamiento es una combinación de un circuito magnético de alta reactancia, un circuito eléctrico de un transformador o auto transformador y un circuito electrónico de control que puede detectar las variaciones de la tensión de entrada y salida, la compara con una tensión de referencia establecida y cambiando de forma indirecta la densidad del flujo en el área de circuito magnético donde están localizados los devanados de substracción y adición o igualación, regresa la tensión de salida al nivel designado.

Regulador de Tensión Ferro-Resonante: Equipo de regulación de línea que emplea un transformador de alta impedancia al cual se le conecta un capacitor en paralelo con la salida, provocando la saturación del compartimiento secundario y debido a la ferro- resonancia de la bobina secundaria con el capacitor, se logra mantener prácticamente constante el flujo magnético y así las variaciones de la tensión de salida son de menor proporción en comparación con las de la entrada.

3.1 Selección del regulador

La compra de un regulador de tensión es una inversión que ayuda a proteger los equipos más costosos, en los cuales se mantendrán condiciones constantes de tensión, el uso de estos equipos es importantes en aquellos dispositivos eléctrico-electrónicos que son sensibles a las variaciones de tensión, como los televisores, equipo de cómputo, reproductores de audio y video entre otros. Sin embargo, generalmente la selección de un regulador está en función del costo y no de sus características técnicas, es decir se compra el más económico a pesar de no ser quizá la mejor opción para nuestros equipos. Derivado de esta forma de seleccionar un regulador se podría tener variaciones de tensión a pesar de contar con un regulador, esto debido a una mala operación del equipo regulador que produce la sensación de que el regulador "no regula".

4 PRUEBAS ELÉCTRICAS A LOS REGULADORES

La finalidad de someter a pruebas eléctricas a diferentes reguladores de tensión comerciales, es determinar si mantienen la tensión de salida constante cuando el voltaje de entrada varía en el



rango especificado en su placa de datos mientras suministran potencia a una carga eléctrica. Se seleccionaron los siguientes siete reguladores comerciales:

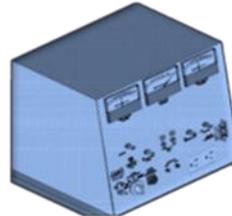
- Sola Basic modelos DN-21-122, MICROVOLT 1200 y XRN-21-481.
- Koblenz modelos RI-2000 y ER-1246-I
- Tripp-Lite modelo OmniSmart500
- Emme modelo EME 1000

La Fig. 1 muestra los diferentes equipos empleados al probar cada uno de los reguladores. Se emplean una autotransformador (Variac) que permite variar la tensión de salida de 0 a 140 V con una potencia máxima de 1000 W. También se emplea un transformador con derivaciones que permite realizar cambios rápidos en la tensión de salida desde 80 hasta 140 V. Se tienen equipos de medición que permiten almacenar datos como el Fluke 434 y el Fluke VR1710 y multímetros convencionales. La carga eléctrica está conformada por un CPU, un monitor y una impresora laser

FUENTES DE ALIMENTACIÓN



Variac



Cambiador
TAP's



de
Regulador(es)

EQUIPO DE MEDICION



Multímetro
Fluke 58-III



Multímetro de
gancho
Fluke CM-
9930



Analizador
Fluke
VR1710



Analizador
Fluke 434

CARGA

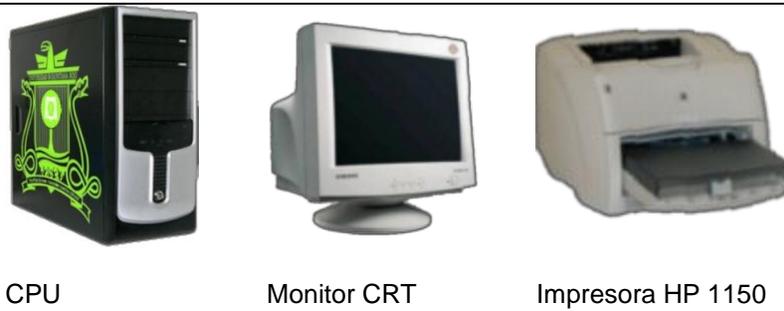


Fig. 1 Equipos empleados en las pruebas eléctricas a los reguladores

4.1 Prueba de variaciones lentas de tensión.

Esta prueba consiste en que la tensión de salida del Variac energiza al regulador el cual tiene conectada la carga eléctrica (CPU-Monitor-Impresora). El voltaje de salida del Variac se incrementa lentamente desde 70V hasta 140 V, el Fluke 434 almacena los datos de tensión en la salida del regulador los cuales posteriormente se grafican para su análisis. La Fig. 2 muestra el diagrama de conexiones empleado en esta prueba.

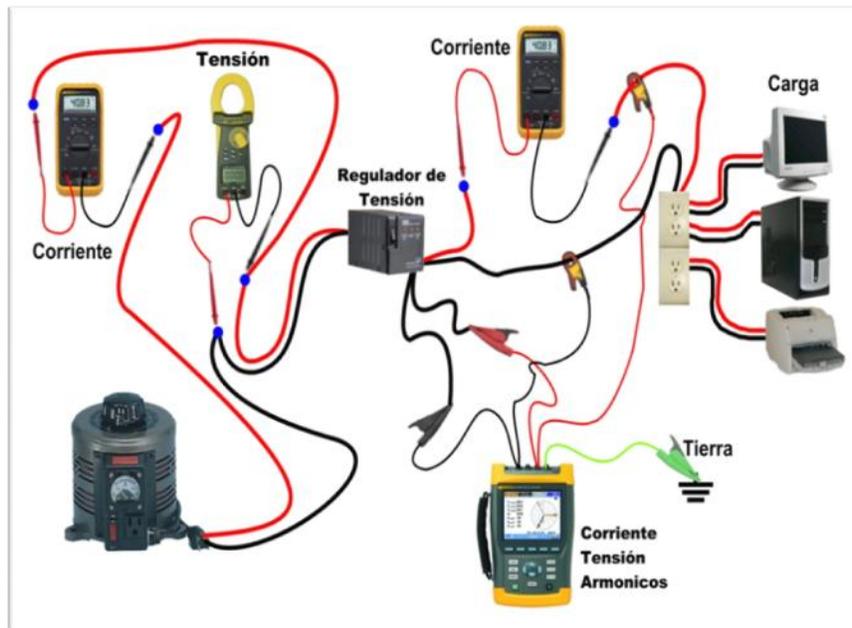


Fig. 2 Diagrama de conexiones para la prueba de variaciones lentas de tensión.

Los resultados obtenidos de esta prueba para cuatro de los siete reguladores probados se muestran en la Fig. 3. Cada color y tipo de línea representa un regulador específico

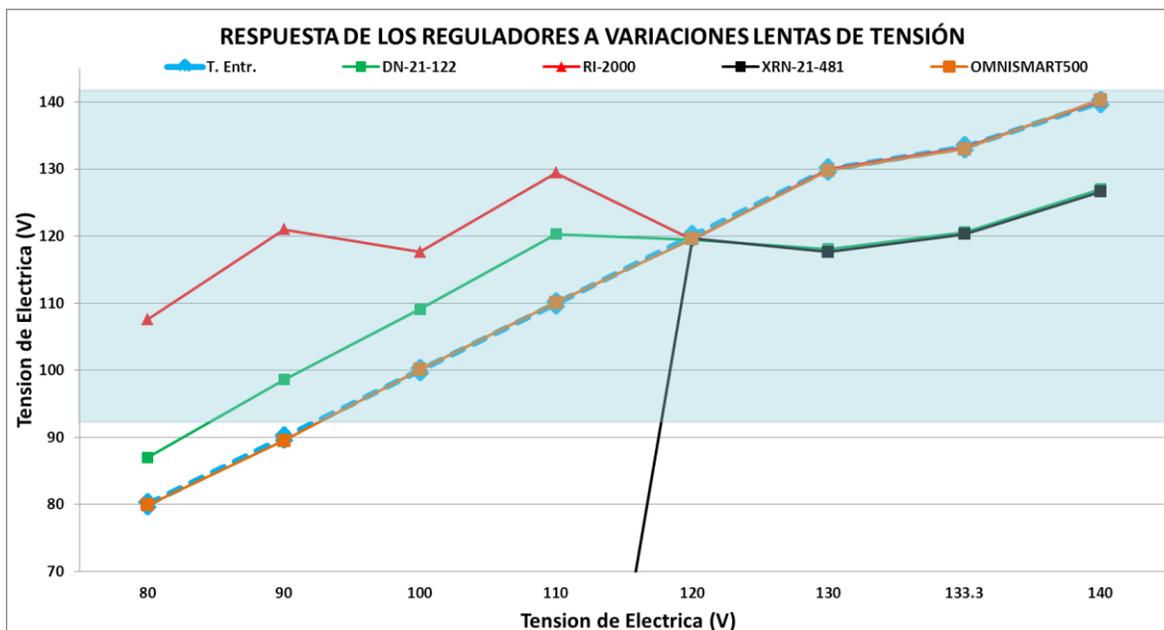


Fig. 3 Resultados de cuatro reguladores a la prueba a variaciones lentas de tensión

Debido a que cada regulador cuenta con una tensión de entrada mínima y máxima que puede ser diferente de reguladores de otras marcas, se calcularon los valores promedio de la tensión mínima y máxima de entrada siendo estos valores 91 V y 141 V respectivamente. El área sombreada representa la zona en donde los reguladores de acuerdo a sus placas de datos ofrecen una tensión de salida casi constante a pesar de las variaciones en la tensión de entrada la cual esta representa por la línea discontinua en color azul. Puede observarse en la Fig. 3 que el regulador que ofrece regulación de tensión aceptable es el RI-2000 el cual con unan tensión de entrada de 90 V suministra en su salida 120 V los otros 3 reguladores no mantienen una tensión regulada, inclusive el XRN-21-481 (este equipo es un UPS) no opera sino hasta que la tensión de entrada llega a un valor mínimo de 120 V.

Para tensiones de entrada mayores a 120 V y hasta 140 V el regulador DN-21-122 y XRN-21-481 ofrecen una adecuada regulación manteniendo la tensión de salida en un rango de 120-127 V lo que protege a los equipos conectados a sus terminales. Por su parte el RI-2000 y el OmniSmart 500 no regulan para tensiones de entrada mayores a 120 V. El comportamiento de los restantes tres reguladores se muestran en la Fig. 4.

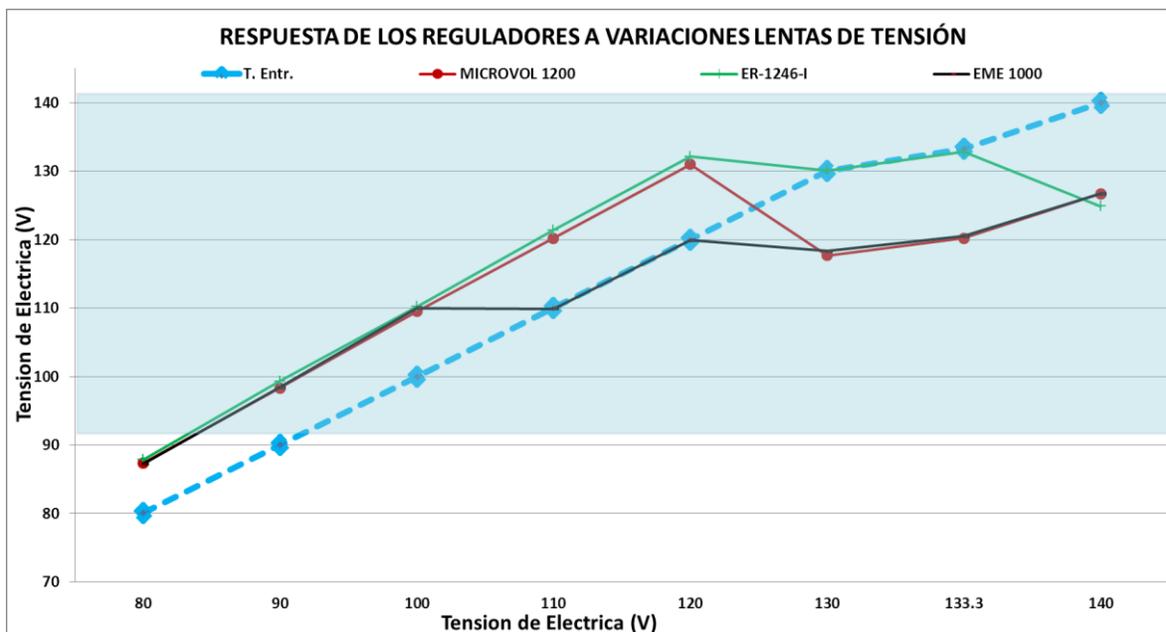


Fig. 4 Resultados de tres reguladores a la prueba a variaciones lentas de tensión

Puede observarse que los tres reguladores ofrecen la misma mala regulación de tensión para valores menores de 100V en la tensión de entrada, sin embargo a partir de 100 a 120 V los reguladores ER-1246-I y el MICROVOLT 1200 regulan de manera aceptable, para una tensión mayor a 120 V el EME-1000 y nuevamente el MICROVOLT 1200 regulan satisfactoriamente. La Tabla I muestra un resumen de la regulación de los equipos probados.

Tabla I

REGULADOR	Vmin (V)	Vsal (V)	Vmax (V)	Vsal (V)
SOLA BASIC DN-21-122	90	98.6	140	127
SOLA BASIC XRN-21-481	90	0	140	126.6
SOLA BASIC MICROVOLT1200	90	98.3	140	126.7
KOBLENZ RI-2000	90	121	140	140
KOBLENZ ER-1246-I	90	99.3	140	124.9
TRIPP-LITE OMNISMART500	90	89.5	140	140.3
EME EME 1000	90	98.4	140	126.7

Tabla I. Regulación de tensión para los valores de voltaje de entrada mínimo y máximo

En la Tabla I puede observarse que el único regulador que ofrece mantiene la tensión de salida en un valor apropiado para baja tensión es el Koblenz RI-2000 sin embargo para tensiones mayores no regula. El Tripp-Lite no regula para bajo ni alto voltaje. Los reguladores restantes muestran un buen desempeño para tensiones de 140 V. Sin embargo, es común que en los contactos de alimentación eléctrica se tengan niveles de tensión menores a 120 V, esto debido en primera a que en el punto de acometida la tensión es de poco más de 120V, pero debido a las caídas de tensión que se presentan por los conductores alimentadores y de circuitos derivados desde el punto de acometida hasta la última carga, la tensión eléctrica generalmente será baja. Bajo este análisis el regulador Koblenz RI-2000 resulta ser la mejor opción para la protección de los equipos electrónicos.

4.1 Prueba de variaciones rápidas de tensión.

La finalidad de esta prueba es someter a los reguladores a variaciones rápidas de tensión para determinar en primer lugar si regulan y en segundo lugar el tiempo que les lleva estabilizar el voltaje. Para esto se hace uso de un transformador con derivaciones que van de 80 a 140 V en pasos de 10V. Se emplea el Fluke VR1710 para monitorear el comportamiento de cada uno de los reguladores. El diagrama de conexiones se muestra en la Fig. 5

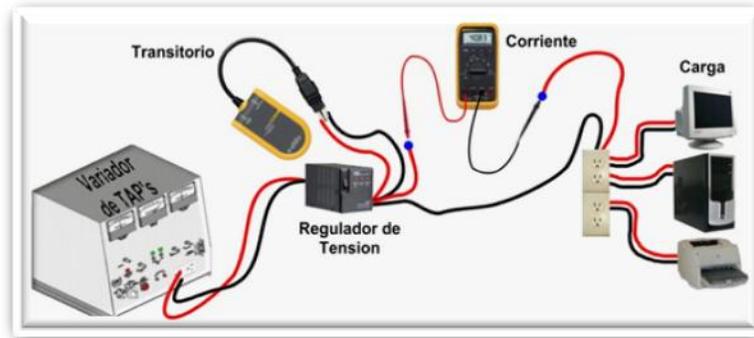


Fig. 5 Diagrama de conexión para las variaciones rápidas de tensión

Debido a que se generan una gran cantidad de gráficas por cada prueba se presentaran solamente los resultados de un regulador y se resumirá en una tabla el desempeño de los reguladores restantes. La Fig. 6 ilustra la secuencia con la que se varía la tensión para cada uno de los equipos probados.

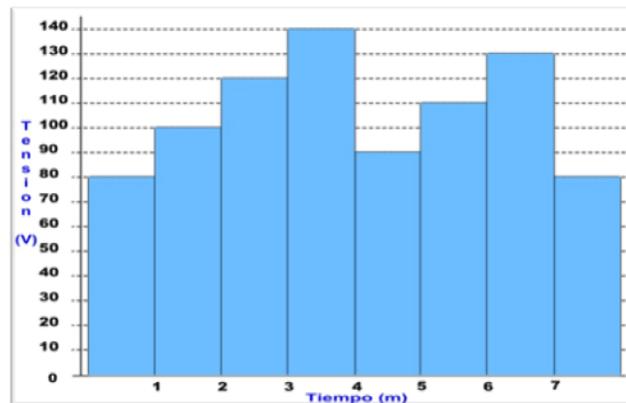


Fig. 6 Secuencia de los cambios rápidos de tensión

En la Fig. 7 se muestra la respuesta del Regulador DN-21-22 a las variaciones rápidas de tensión, y es claro que este equipo solamente regula con tensiones de 120V a 140V con las cuales su voltaje de salida es aproximadamente 120V. En cada cambio de tensión se producen diferentes variaciones de tensión, en la Fig. 8 se muestra una de las más severas.

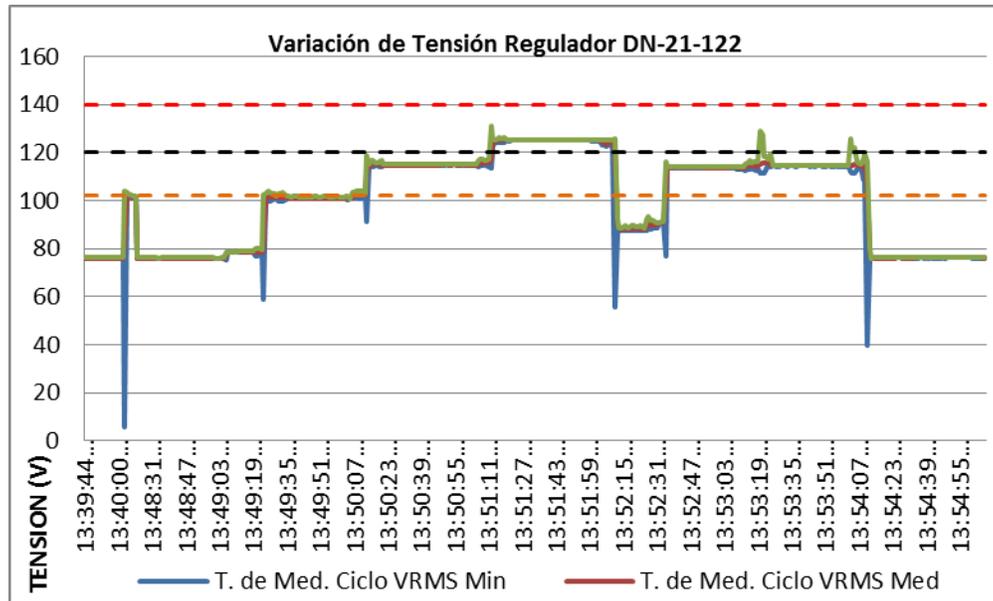


Fig. 7 Respuesta del Regulador DN-21-122

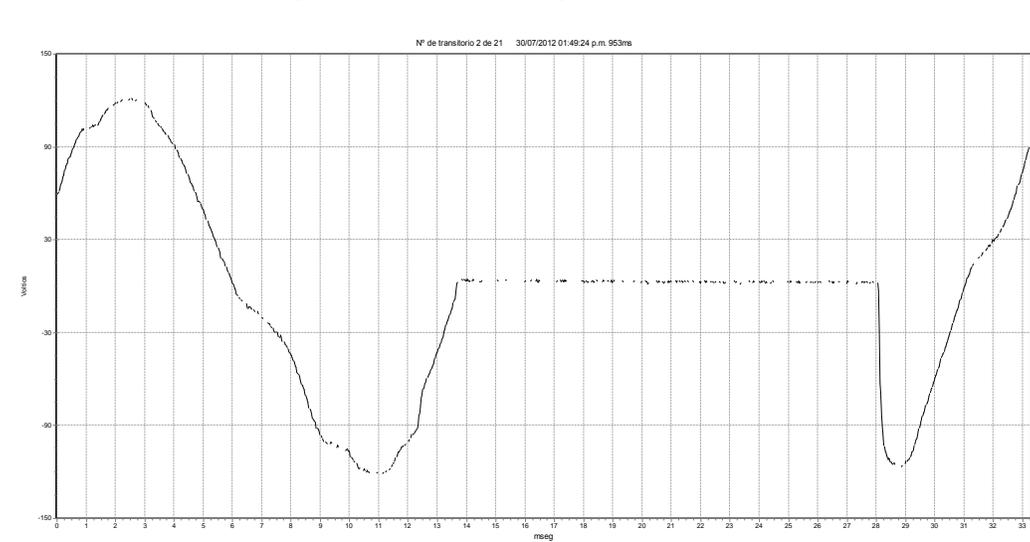


Fig. 8 Interrupción de 14ms en la tensión de salida.

Una de las anomalías más perjudiciales en la tensión eléctrica son las interrupciones, esto debido a que si su duración es muy prolongada el equipo conectado se puede reiniciar o apagar causando pérdida de información, daño al disco duro, etc. En este caso el equipo no sufrió daño.

La Tabla II presenta un concentrado de los tiempos mínimos y máximos de las interrupciones que se presentaron en cada uno de los reguladores. Para los casos con tiempo mayor a 14 ms, el equipo se reinició o se apagó. En el caso del Sola Basic XRN-21-481 no se le pudo realizar la prueba ya que en cada instante que se hacia el cambio de derivación en el transformador, el equipo de apagaba.

Tabla II



REGULADOR	T_{int_min} (ms)	T_{int_max} (ms)
SOLA BASIC DN-21-122	13	14
SOLA BASIC XRN-21-481	inf	inf
SOLA BASIC MICROVOLT1200	8	19
KOBLENZ RI-2000	9	19
KOBLENZ ER-1246-I	7	19
TRIPP-LITE OMNISMART500	6	18
EME EME 1000	10	18

Tabla II. Duración de las interrupciones en cada regulador probado.

CONCLUSIONES

Ninguno de los reguladores probados mantiene el voltaje estable en todo el rango que especifica su placa de datos. Algunos regulan adecuadamente para bajo voltaje y otros regulan para tensiones mayores a la nominal, pero ninguno regula correctamente tanto en baja como alta tensión. En las variaciones rápidas de tensión todos los reguladores interrumpieron la tensión en la salida, sin embargo solo para tiempos mayores a 14ms los equipos de cómputo se reiniciaron o apagaron. Seleccionar el regulador adecuado para proteger los dispositivos electrónicos no es tarea fácil ya que aunque en la placa de datos todos los reguladores establecen un rango amplio para regulación, en las mediciones se observa que ninguno lo cumple. Es más común encontrar tensiones por debajo del valor nominal de 127 V, por lo que de acuerdo a los resultados presentados en este trabajo el regulador más apropiado es el KOBLENZ RI-2000 cuyo costo es similar al del resto de reguladores evaluados.

REFERENCIAS

- [1] Math H. J. Bollen "Understanding Power Quality Problems" IEEE Press series on Power Engineering, 2000.
- [2] T.S. Key "Diagnosing power –quality related computer problems", IEEE Transactions on Industry applications, vol. 15, no. 4, July 1979, pp. 381-393.
- [3] IEEE recommended practice for monitoring electric power quality, IEEE Std. 1159-1995 New York: IEEE, 1995.
- [4] R. D. Hof, "The dirty power" clogging industry's pipeline, Business Week, April 1998.
- [5] Ley del servicio público de energía eléctrica DOF 09-04-2012.



SISTEMA INTEGRAL DE CONVERSIÓN, INVERSIÓN, TRANSFORMACIÓN DE VOLTAJE Y SOLDADORA POR ARCO ELÉCTRICO (SICITSAE)

Ing. Mario Estrada García, Ing. José Hernández García
Instituto Tecnológico Superior de Macuspana (ITSM)
marioestrada70@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo se compone de dos aspectos universales fundamentales desarrollado por los autores: uno es la aplicación de un método sistémico de innovación tecnológica (M.S.I.T.: Análisis, Diseño, Implementación, Operación, Evaluación integral y mejoramiento) que es una modificación y mejoramiento de la metodología sistémica orgánica de G.M. Jenkins (1969) en la ingeniería de sistemas para confrontar y solucionar problemas técnicos y socioeconómicos, y otro aspecto es la aplicación de esta metodología en un estudio de caso para obtener una solución a conflictos eléctricos-sociales en los ámbitos tecnológico, familiar, laboral y de educación tecnológica encontradas en el municipio de Macuspana en el estado de Tabasco y que resulta en el diseño y construcción de un prototipo multifuncional eléctrico-electrónico integral (SICITSAE) el cual proporcionará una respuesta a las necesidades de infraestructura doméstica y/o laboral formal o informal de la población.

MATERIALES Y MÉTODO

1. ANÁLISIS

En esta etapa se estableció la formulación del problema que es la expresión o planteamiento de la situación del mismo con herramientas (Q.F.D. y los procesos creativos entre otros) definiendo preguntas de investigación sobre la situación problema o necesidades no resueltas que se convirtieron en interrogantes para esta investigación.

1.1 *Formulación del problema:* A través de encuestas y entrevistas con lugareños selectos en la región sobre tópicos selectos de problemas eléctricos domésticos y laborales se generó un listado de ideas de las causas (principio de Pareto: causa-efecto) a través de las técnicas de sensibilización, de lluvias de ideas, mapas conceptuales, entre otros integrando los problemas en una sola solución, después se generó un plan de acción en la que todos participaron para la solución. Encontrando problemas técnicos y sociales como: fallos y disturbios eléctricos como picos de voltaje, ruidos eléctricos, variaciones excesivas de voltaje, entre otros, estos perjudican a equipos como PC's, TV's, DVD's entre otros causándoles desperfectos afectando la economía familiar; aunado a ello existen problemas sociales como falta de empleo por lo que tienen que entrar al comercio técnico informal o formal (herrería, soldadura y mantenimiento) pero para ello deben de contar con equipos y accesorios eléctricos esenciales muy caros para su ayuda.

Por otra parte, se requiere en estos días y con base a las teorías educativas modernas hacer énfasis a la investigación y práctica por lo que sugieren que el aprendizaje se logra mejor en el estudiante tocando y construyendo con innovación los objetos que dan solución a problemas, ellos aprenden con la experimentación para que ellos hagan sus propias inferencias, descubrimientos y conclusiones. Con la investigación y experimentación aprenden la nueva información que se les presenta construyendo sobre conocimiento técnico que ya poseen.

Por lo antes mencionado se requiere entonces de un prototipo innovador tecnológico que permita la integración de las técnicas y herramientas sistémicas, eléctricas-electrónicas, económicas e



industriales de la región que coadyuvan a la solución de necesidades de índole familiar, productiva y educativa de la región. De esto se desprende la solución que es la construcción del sistema SICITSAE.

1.2 *Organización del proyecto:* Responde al modelo metodológico sistémico funcional de innovación tecnológica. Véase la Figura No. 1 y 2.



Figura No. 1. Dibujo que representa el diagrama de flujo de la organización de este proyecto, fuente propia.

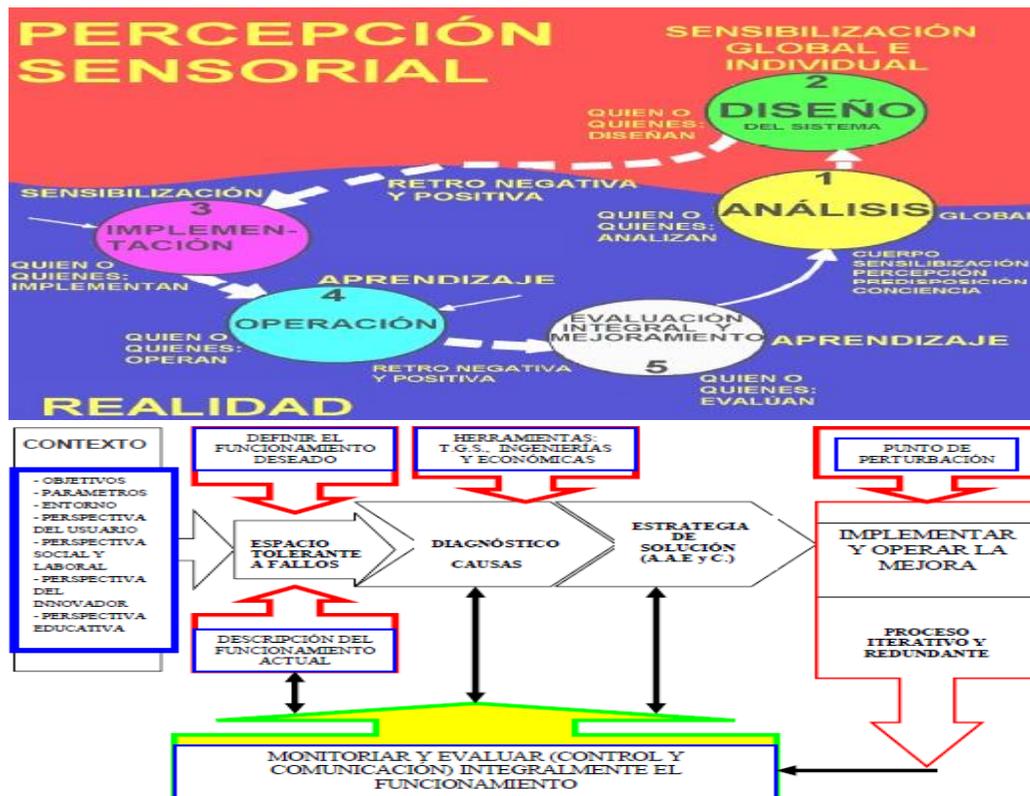


Figura No. 2. Dibujo que representa la metodología sistémica de innovación tecnológica y de evaluación integral utilizada como método para este trabajo, fuente propia.



1.3 *Definición del sistema:* El diseño del prototipo propone dar solución al problema planteado, este es un sistema eléctrico-electrónico integral multifuncional que es el resultado de la integración de varias funciones eléctricas domésticas, es decir, varios dispositivos integrados en uno solo, con salidas múltiples individuales o simultáneas, con la posibilidad de ser semi-portátil y sencillo para construir con materiales propios de la región, y con las siguientes características:

Entradas: 120Vc.a. o 220Vc.a., y 48Vc.d.

Salidas:

- a). Conversión universal de voltaje: 1.5, 3, 3.6, 6, 9, 12 y 48Vc.d. con 55A.
- b). Inversión de voltaje: Tecnología PWM con transformador. Especificaciones: 120Vc.a., 220Vc.a. a 20kV.A., con alarma de sobrecarga, y descarga de batería.
- c). Transformación de voltaje: TAP's de ajustes de voltaje 83, 110, 115, 120, 125, 130, 140, 182, 193, 208, 220, 225, 235, 250Vc.a., con 20kV.A. de potencia.
- d). Soldadora por arco eléctrico: Voltaje de salida o de cebado de 48Vc.a., Amperaje de 50, 75, 100, 150 y 200A.
- e). Regulador de voltaje: para 120Vc.a. y 220Vc.a.
- d). Cargador de baterías: 12Vc.d. con 55A.

Con las características adicionales: todas estas funciones anteriormente detalladas las realiza simultáneamente, su principal componente es un transformador robusto de aislación y apantallado que tiene la propiedad de separación o aislación de circuitos y para establecer una tierra física como protección eléctrica, y por supuesto todo el SICITSAE está protegido eléctricamente. Y lo mejor, hasta el momento no existe este tipo de equipos en el mercado.

1.4 *Objetivo del sistema:* Crear un prototipo integral multifuncional económico como parte del equipamiento para microempresas como herrerías, mantenimiento, soldadoras, etc., y doméstico para hogares. El prototipo integral SICITSAE da respuesta a un conjunto de necesidades ya antes planteadas para el bien-ser, bien-poseer y bien-estar de los habitantes del municipio de Macuspana, Tabasco; y como objeto de ayuda para su proceso cognitivo y de construcción de su conocimiento, para la formación de recursos humanos con conciencia social, para el desarrollo de capacidades creativas en los estudiantes en carreras técnicas.

1.5. *Definición de un criterio económico global:* Gracias al enfoque integrador y sinérgico en los sistemas, el sistema SICITSAE en esta visión existirá un impacto económico significativo, ya que es sabido que el adquirir equipos independientes y con funciones separadas (esto obedece por supuesto a intereses comerciales egoístas y egocéntricos propios de las compañías ya que entre más exista la venta de equipos es más el ingreso de utilidades: es más barato comprar un dispositivo que cinco) el costo de adquisición tiende a elevarse demasiado, los prototipos multifuncionales han probado y evidenciado que resultan ser más económicos.

1.6 *Recopilación de información y datos:* El sistema SICITSAE propuesto responde al análisis hecho en la fase de formulación del problema de acuerdo a múltiples necesidades detectadas en encuestas cualitativas como eléctrico–sociales, económicas y de educación tecnológica. La tecnología utilizada de vanguardia con piezas y accesorios adquiridos en la región con el objetivo de eficientar su mantenimiento. En la región de Tabasco existe un gran número de población como: Estudiantes de nivel medio y superior tanto públicas o privado, personas con intereses económicos-políticos, industriales, microempresas familiares como herrerías, soldadura y mantenimiento en general, empresas industriales en el ramos de la construcción, ferretero, y eléctrico; todos ellos pueden necesitar este equipo.

Por lo anterior, la justificación se he dividido de acuerdo a los impactos potenciales que poseerá este sistema: **1.- Impacto Tecnológico:** Un sistema que contiene todas estas características



funcionales y de operatividad en un sólo producto optimizará los diversos tiempos y movimientos de trabajo aplicado. Existe, o se tiene la necesidad de tener todos estos dispositivos integrados en uno sólo, y por supuesto que el costo de esto se reduzca significativamente, esto dará una mayor eficacia y versatilidad al sistema electrónico. **2.- Económico:** Este producto evitará la compra de varios aparatos eléctricos (más costo) destinados a las mismas funciones que ofrece pero separadas, esto es, en la compra de este sistema se tendrá un ahorro potencial y más considerable si se reciclan algunos de sus componentes. Se ofrecerá también el servicio técnico y de garantía, por lo que el cliente estará satisfecho con su inversión. Este sistema se construirá aprovechándolo de manera creativa, utilizando un menor número de componentes eléctricos integrados, sin complicaciones y con un costo mínimo. **3.- Científico:** Aplicación y Reafirmación de principios eléctricos en un modelo de sistema integral que podrá ser utilizado para trabajos relacionados con sus especificaciones eléctricas. Se podrá obtener respuestas físicas del comportamiento eléctrico ante la integración varios dispositivos eléctricos ya mencionados, esto es, lograr que se adapten los componentes eléctricos-electrónicos entre sí con mínimas pérdidas de energía eléctrica. **4.- Social:** Con la ciencia y la técnica aplicada sin muchos conceptos complejos, este producto se presentará como un prototipo didáctico a las instituciones de educación media y superior a nivel local, regional y nacional que ofrecerá un aumento en el nivel educativo tecnológico. También el Observar y Analizar el impacto socio-tecnológico que ofrecerá este sistema (SICITSAE) a los individuos que interactuarán con él y el medio ambiente porque se tiene pensado utilizar materiales de reciclado. **5.- Ambiental:** Como el principal componente es un transformador, y toda la estructura sólida es de hierro, estos se podría reciclar (reutilización), evitando así la contaminación ambiental que este genere, y por supuesto como la vida útil es más larga del proyecto se mantendrá operando más tiempo y no se desechará. Los elementos son principalmente hierro, acero, aluminio, cobre y plástico que se pueden reciclar.

2. DISEÑO

Se procede ahora el desarrollo de la construcción del diseño de la propuesta de solución establecida y justificada

2.1 *Construcción del modelo y simulación:* Aplicando técnicas que son herramientas de proceso gráfico y de creatividad con enfoque sistémico tales como: tormenta de ideas, modelos cibernéticos, espejo creativo, los riesgos, ábrete sésamo, 48 horas, mapas mentales, entre otros todos ellos para la construcción de modelos en el diseño, los cuáles dieron los siguientes resultados. Véanse las Figuras No. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.



Figura No.3. Dibujo que representa el modelo conceptual general del sistema “SICITSAE” bajo un enfoque sistémico interactuando con su entorno, las interacciones con sus subsistemas, resaltando la lógica de transformación de señales eléctricas entre subsistemas, a un nivel cero de observación holística de recurrencia, fuente propia.

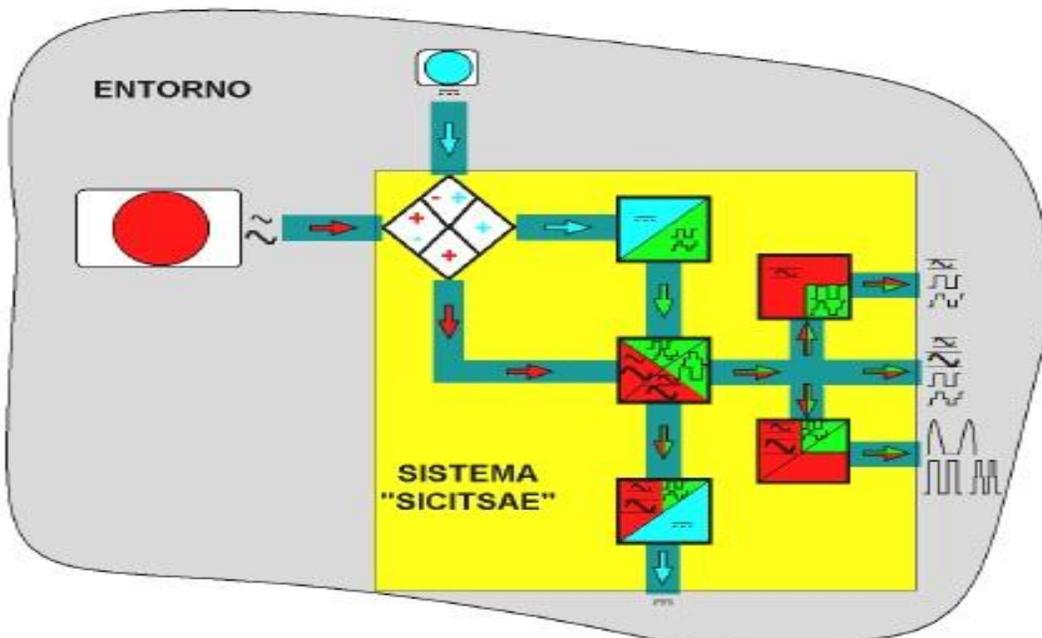


Figura No. 4. Dibujo que representa el modelo conceptual del sistema SICITSAE interactuando con sus principales relaciones externas, las interacciones con sus subsistemas, resaltando la lógica de transformación de las señales eléctricas entre subsistemas, nivel uno de recurrencia holística, fuente propia.

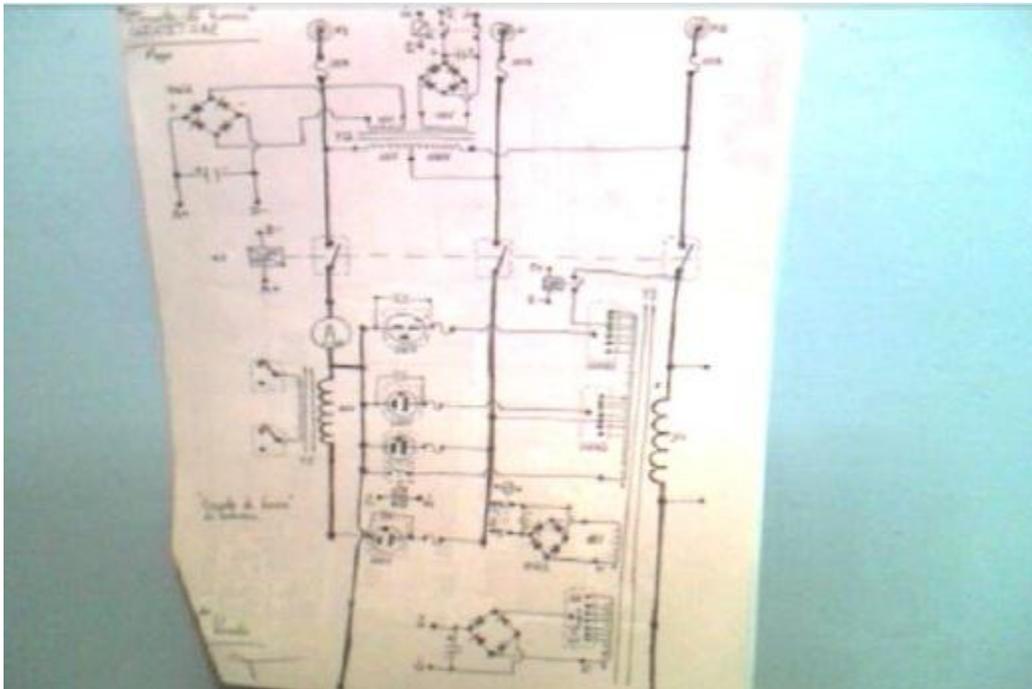


Figura No. 5. Fotografía que representa el diseño del modelo del diagrama esquemático eléctrico del sistema SICITSAE en dibujo a mano alzada, representando una de las etapas del proceso de creatividad de generación de ideas, nivel cuatro de recurrencia holística, fuente propia.

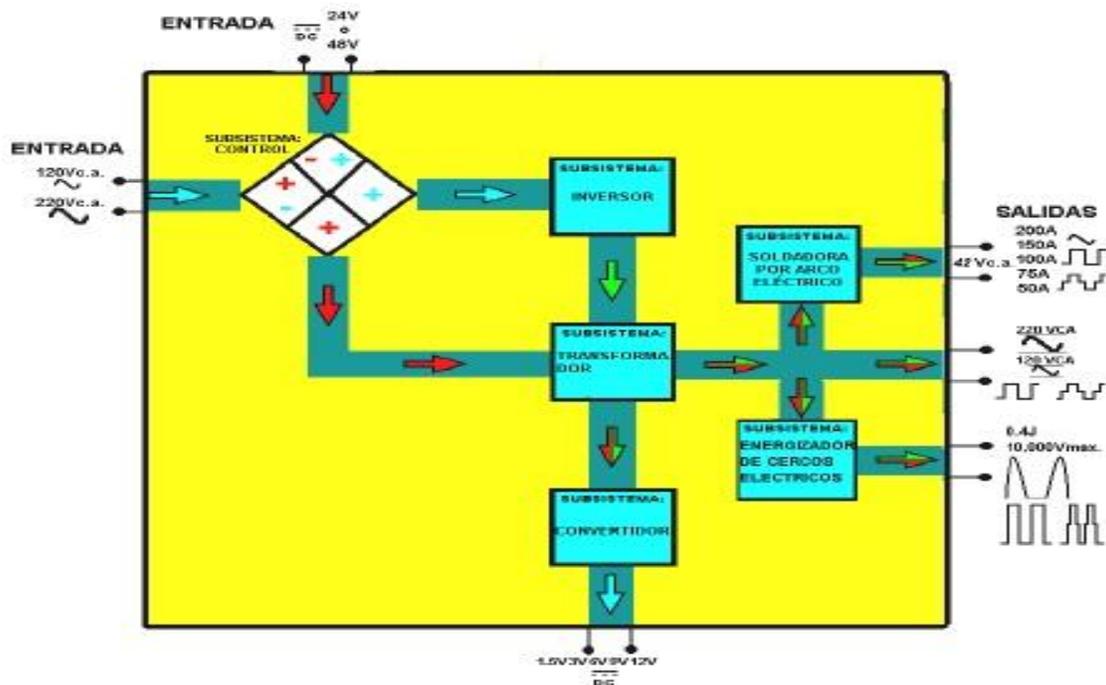


Figura No. 6. Dibujo que representa el diseño del modelo del sistema a un nivel uno de recurrencia holística, resaltando las señales eléctricas conociendo sus subsistemas y la forma en que interactúan entre sí y con su medio ambiente próximo, fuente propia.

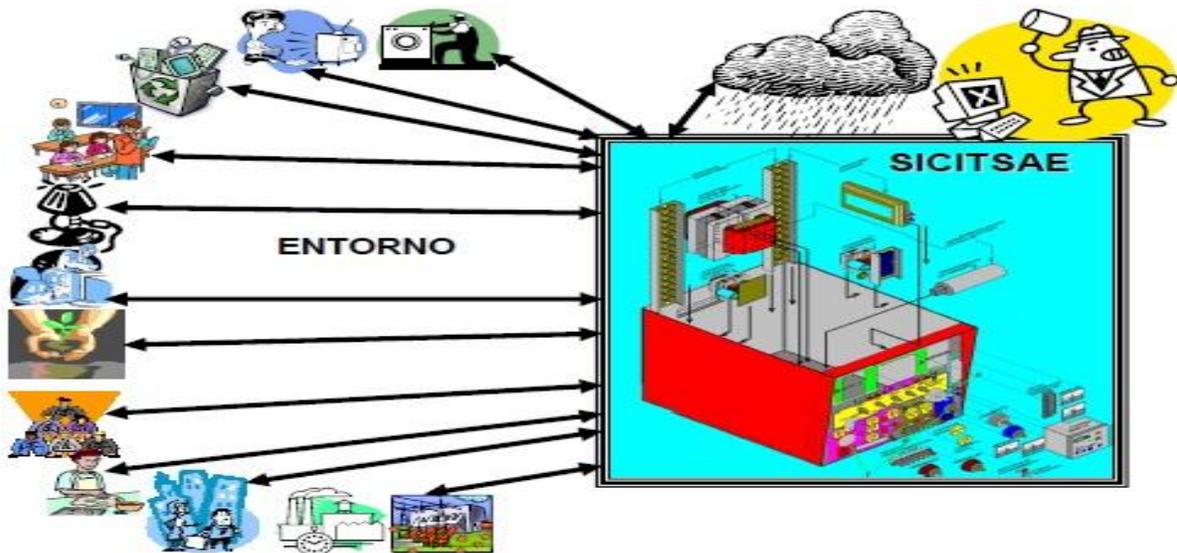


Figura No. 7. Dibujo que representa el diagrama de influencias del sistema, integración de subsistemas e interacciones con su entorno complejo. Dibujo que muestra el modelo del sistema terminado en tipo despiece, representando la integración de los subsistemas, sus interacciones y su posición final en el espacio tridimensional dinámico, fuente propia.

-Diseño del subsistema Transformador: El Transformador es acorazado estándar con láminas de hierro al silicio con dos bobinas una primaria y otra secundaria (véase la Figura No. 8).
Teniendo las características: $L= 9.4cm$, $AN= 17cm$, $LC= 17cm$, $AC= 8cm$. Y utilizando la ecuación (1) y (2), obtendremos el número de vueltas tanto para el primario y el secundario con sus diferentes TAP's de salida para sus diferentes funciones de entrega de voltaje del transformador.

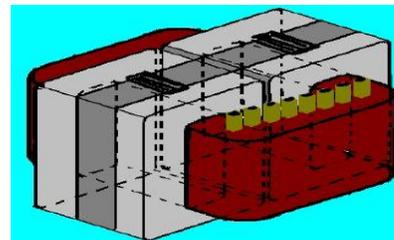
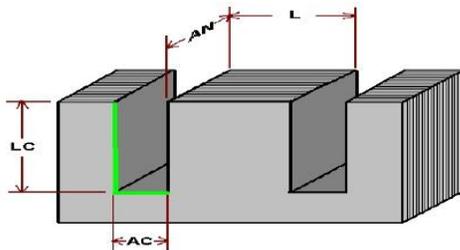


Figura No. 8. Dibujo que representa el diseño y cálculo del transformador, fuente propia.

$$N_p = ((22,500,000 * V_p) / (A * f * B)) * 1.15 \dots \dots \dots (1)$$

$$V_p / V_s = N_p / N_s \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

V_p = Voltaje primario

V_s = Voltaje secundario



N_p = Número de vueltas primario

N_s = Número de vueltas secundario

A = área transversal = $L \cdot AN$

LC = Largo del canal

AC = Ancho del canal

f = Frecuencia de la onda sinusoidal = 60Hz

B = Densidad de flujo magnético = 10,000--14,000

1.15 = Pérdidas magnéticas y efecto Joule

-Diseño del Gabinete y simulación: El gabinete es resultado de la recolección de piezas encontradas en basureros y restauradas, una vez restauradas y con base en ellas, se diseñó el sistema, véase la Figura No. 9.

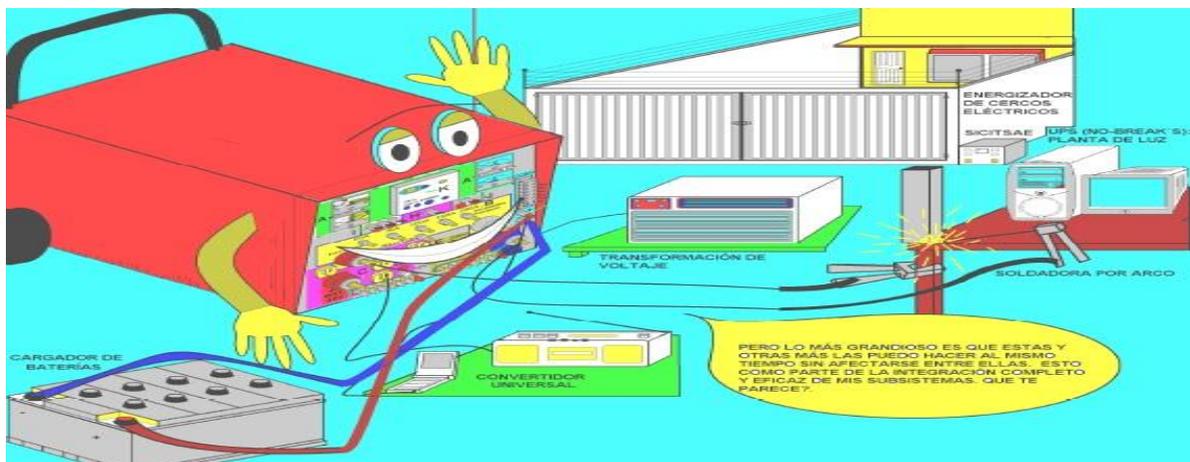


Figura No. 9. Dibujo que muestra la simulación en donde se puede apreciar la interconexión multifuncional de alimentación para diferentes dispositivos eléctricos y al mismo tiempo, fuente propia.

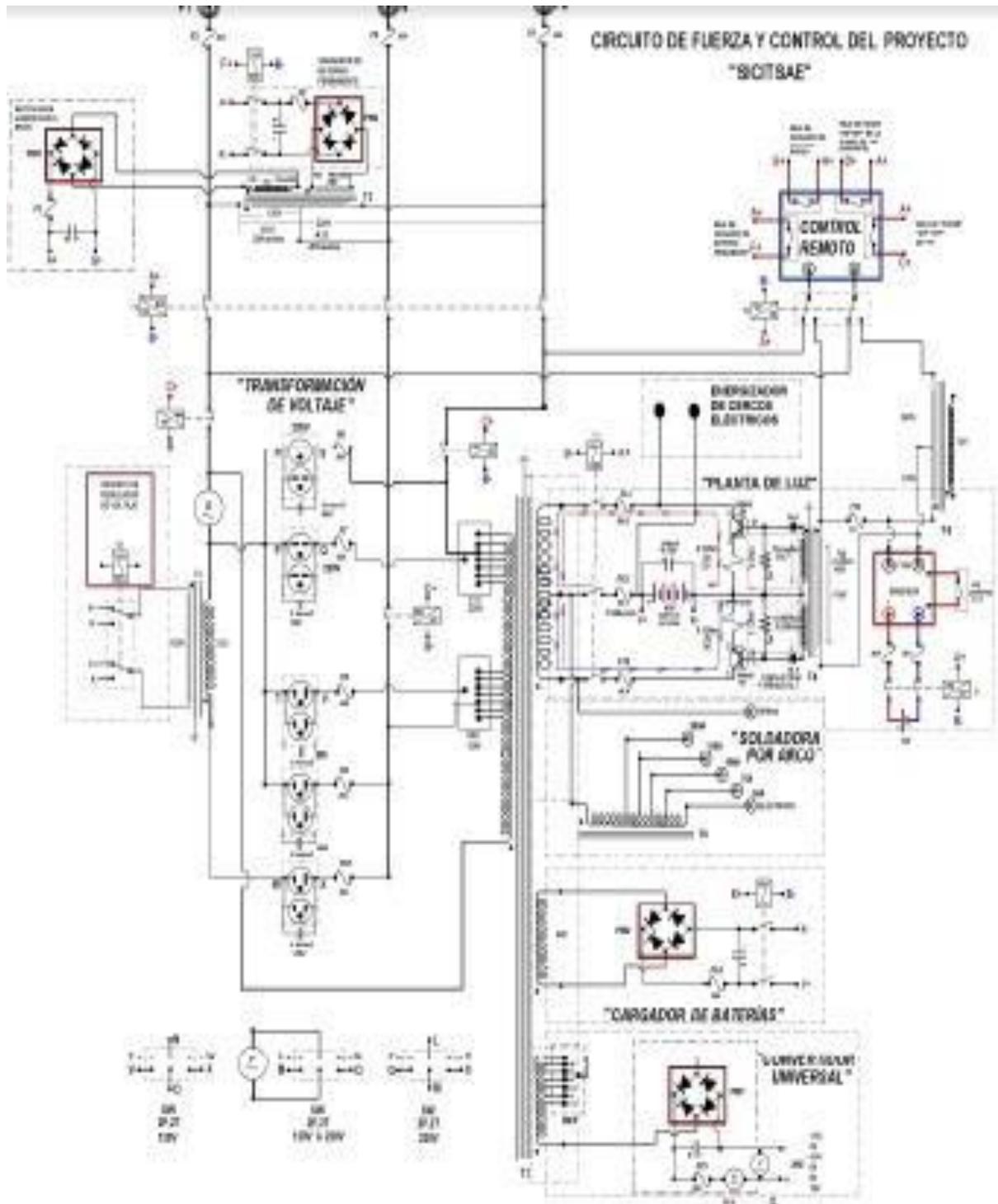


Figura No. 10. Dibujo que muestra el diagrama esquemático optimizado, donde se aprecia la integración de los subsistemas y su interacción eléctrica entre ellos a un nivel cuatro de recurrencia holística, fuente propia.

3. IMPLEMENTACIÓN

3.1. *Construcción e implementación del Gabinete:* Se empieza con la restauración del gabinete con piezas recicladas, los subsistemas se tendrán que adaptar a él. Véase la Figura No. 11.



Figura No. 11.- Fotografía que muestra la forma física del gabinete que se restauró, fuente propia.

3.2. *Construcción e implementación del Transformador:* De acuerdo a las especificaciones en el diseño y obteniendo el número de vueltas de acuerdo a las ecuaciones (1) y (2), se procede a construirlo embobinándolo con alambre magneto de cobre calibre #6 y #4/0 plano reciclado de aluminio, este transformador para los subsistemas: Inversión, Conversión, Transformación de voltaje y para la soldadora por arco eléctrico. Véanse las Figuras No. 12 y 13.



Figura No. 12. Fotografía que muestra el proceso de embobinado con alambre magneto del transformador principal (T1), fuente propia.

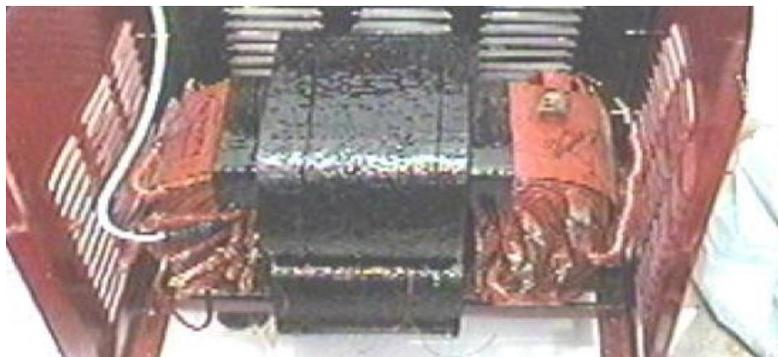


Figura No. 13. Fotografía que muestra la implementación del subsistema transformador principal (T1) en el gabinete, fuente propia.



3.3. *Construcción e implementación del Convertidor.* Se implementó el convertidor de acuerdo a especificaciones y características diseñadas. Se instalaron dos puentes de rectificación de 35A en paralelo para obtener 70Amax., con un banco de capacitores de 70,000 microfaradios, con protección, con base de aluminio como disipadores de calor. Véase la Figura No. 14.



Figura No. 14. Fotografía que muestra la implementación del subsistema convertidor en el gabinete, fuente propia.

3.3. *Construcción e implementación del Inversor.* Se construyó con base a un par de banco de transistores NPN: 2N3055 (115 W), un inversor base de 200W que es el que genera la señal de disparo que enviará a los bancos de transistores para que abran circuito o cierren (los bancos de transistores actuarán como interruptores entre el banco de baterías y el transformador T1) alimentando el banco de baterías (48Vcd) al transformador T1. Véase la Figura No. 15.

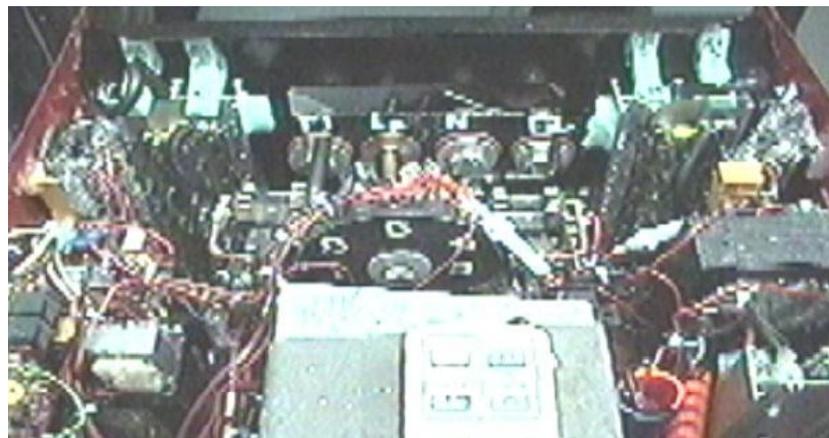


Figura No. 15. Fotografía que muestra la construcción e implementación del subsistema inversor, fuente propia.

Al integrar todos los subsistemas obtenemos el producto final terminado, la construcción real se ha completado según lo diseñado, las variables endógenas y exógenas empiezan a funcionar en este momento para degradarlo. Véase la Figura No. 16.



Figura No. 16. Fotografía que muestra (vista isométrica) la construcción final del prototipo SICITSAE, fuente propia.

4. OPERACIÓN Y EVALUACIÓN INTEGRAL Y MEJORAMIENTO

Se realizaron pruebas piloto en todos los subsistemas del prototipo realizando diversos ajustes finales de adaptación del sistema al entorno. Véase la Figura No. 17.



Figura No. 17. Fotografía que muestra la pruebas de operación inicial al prototipo, fuente propia.

Después se realizó la implementación final operándolo bajo condiciones controladas al sistema SICITSAE. Véase la Figura No. 18.



Figura No. 18. Fotografía que muestra la pruebas de ajustes de mejora al prototipo, fuente propia.

RESULTADOS

Se logró crear un sistema eléctrico confiable, que nos ofrezca un beneficio integral imaginable tal y como se pensó en el sistema auxiliar de generación, conversión, inversión y transformación de electricidad y soldadora por arco eléctrico (SICITSAE). Se pudo diseñar un modelo de sistema de calidad que integró todas las necesidades encontradas en el planteamiento del problema al relacionarlas entre sí para lograr una visualización de prioridades y realidades, es decir, las necesidades se pudieron integrar al sistema. Por supuesto que se cumplió con el objetivo general que era crear un SICITSAE con base en la metodología de sistemas de “Jenkins” y analizar el impacto social y técnico que obtendremos al evolucionar su creación, se realizó un análisis de sistemas, Diseño de sistemas, Implementación y Operación en este trabajo. Véase la Figura No. 19 y la Tabla No. 1, en donde se muestra la implantación y resultados de las pruebas finales del sistema.



Figura No. 19. Fotografía que representa la implementación final de los subsistemas integrados y trabajando normalmente, fuente propia.



Tabla No. 1

PROYECTO "SICITSAE"

TODOS SON VALORES APROXIMADOS Y CON CARGAS

RESISTIVAS EN LA SALIDA:

Iin(cd)	Vin(cd)	Iout(ca)	Vout(ca)	Wca(rms)	Wcd	Wca/Wcd	EF(%)	placa	CONV.A NOM	
								POTENCIA	POTENCIA	%
RESISTIVA								DADA REAL		
T. 1.54	50	0	0	0	69	0		0	0	0
Vac. 2.8	50	0	0	0	126	0		0	0	0
4	50	0.774	122.5	94.8	200	47.4		100 W	94.86 W	92.8
5,6	50	1.54	120.7	185.9	280	66.39		200 W	185.9 W	92.4
7	50	2.31	119.7	276.5	350	79		300 W	276.5 W	92.4
9	50	3.08	119	366.5	450	81.44		400 W	366.5 W	92.5
11.1	50	3.88	118.3	459	555	82.7		500 W	459 W	93.2
16.5	50	6.2	117	725.4	825	87.92		800 W	725 W	93
18	50	7.3	115.8	845.3	900	93.92		900 W	845.3 W	97.3
19.6	50	8	115.6	924.8	980	94.36		1000 W	924.8 W	96
21.1	50	8.8	115.3	1014.6	1055	96.17		1100 W	1014. W	96
23.1	50	9.7	115.2	1116.4	1155	96.65		1200 W	1160 W	96.6
24.9	50	10.5	115.2	1209.6	1245	97.15		1300 W	1260 W	96.6

Tabla No. 1. Que representa la implementación final de los subsistemas integrados y trabajando normalmente, fuente propia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Louis E. Garner Jr. *Radio-Televisión práctica aplicada*, 2ª Edición, Tomo I y VII, U.T.H.E.A México COYNE. (1968).
2. Milton Kaufman, Arthur H. Seidman, *Electrónica práctica (Tomo I y II)*, 1ª Edición en Español, Editorial McGraw-Hill. (1988).
3. Muhammad H. Rashid. *Electrónica de potencia –circuitos, dispositivos y aplicaciones*. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A. (1993).
4. Wilson Brian. *SISTEMAS: Conceptos, Metodología y Aplicaciones*, 2ª Edición, Grupo Noriega Editores. p. 28-113. (1993).



1.6 ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PH Y TEMPERATURA PARA EL MONITOREO REMOTO DE UN TIRADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Sergio Díaz Zagal, Citlalih Gutiérrez Estrada, Guadalupe Macedo Miranda, Roger Isaac Bartolo Alarcón, Gilberto Piña Piña, Rafael Cruz Reyez.

Instituto Tecnológico de Toluca, Lab. Electrónica de Posgrado, Gpo. Ing. de Software.

sdiаз@ittoluca.edu.mx, citlalihg@ittoluca.edu.mx

RESUMEN

La norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, reporta que la mayoría de los sitios de disposición final de residuos (basura) en el país, aún siendo catalogados como sitios controlados, no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación de suelos y de los acuíferos, debido a la producción y migración de lixiviados. Actualmente existen instrumentos de medición de pH y Temperatura de lixiviados, pero con la limitante que los sensores deben estar conectados a un instrumento electrónico y de manera in situ, sin embargo, debido al difícil acceso para la medición de los parámetros de estos lixiviados, aunado al precio elevado, lo vuelven poco viable para esta aplicación, de ahí la originalidad de este trabajo de investigación, donde el objetivo principal fue el diseño y construcción de un instrumento electrónico, para el monitoreo de los parámetros de pH y Temperatura de manera remota, utilizando tecnología actual como tarjetas electrónicas que permitan la comunicación por Bluetooth o WI-FI. Con estos datos se analiza y estudia la evolución, el comportamiento, y la proyección de los lixiviados. Los primeros resultados realizados hasta el momento según los expertos de ingeniería ambiental, son aceptables sin embargo se sigue trabajando para ajustar este instrumento, y en un futuro cercano tener una medición vía internet a un centro de investigación para el monitoreo.

ABSTRAC

The Mexican Official Standard NOM-083-SEMARNAT-2003, reports that most of the sites of waste disposal (garbage) in the country, despite being classified as controlled sites do not meet the conditions to avoid contamination of soils and of aquifers, due to the production and migration of leachate. Actually there are measuring instruments leachate pH and temperature, but with the limitation that the sensors must be connected to an electronic instrument and so in situ, however, due to difficult access to the measurement of the parameters of these leachates, in addition to high price, it becomes impractical for this application, hence the originality of this research, where the main objective was the design and construction of an electronic instrument for monitoring parameters of pH and temperature remotely using current technology such as electronic cards that allow communication by Bluetooth or WI-FI. With these data, analyzes and studies the evolution, behavior, and the projection of the leachate. The first results achieved so far as environmental engineering experts, are acceptable but still being worked to adjust the instrument, and in the near future to have a measurement via the Internet to a research center for monitoring.



1. INTRODUCCIÓN

El sistema integra la guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, dónde se reporta que la mayoría de los sitios de disposición final de residuos (basura) en el país, aún siendo catalogados como sitios controlados, no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación de suelos y de los acuíferos, debido a la producción y migración de lixiviados. Dependiendo de los tipos de suelo encontrados, es posible que se incorporen contaminantes presentes en los lixiviados a las corrientes subterráneas de agua, originándose alteraciones en la calidad de la misma, lo que ocasiona que no pueda ser utilizada para el suministro humano. Algunos parámetros importantes a monitorear es el pH y la temperatura.

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la asolubilidad de minerales del suelo. Así mismo factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados [1].

En el Instituto Tecnológico de Toluca, muchos son los esfuerzos que se han hecho en relación al trabajo colaborativo y el fortalecimiento del conocimiento tecnológico, lo que ha permitido la creación de redes o grupos de trabajo e investigación, que fomentan la creación de proyectos multidisciplinarios institucionales de investigación y desarrollo, enfocados a generar infraestructura científica y tecnológica para aprovechar el potencial de la biodiversidad.

Por otra parte la Ingeniería de Sistemas (IS) se encarga de la comprensión, análisis, modelado, diseño, integración, mejoramiento y solución de problemas complejos, en colaboración con equipos multidisciplinarios. Se apoya además de herramientas que hacen uso de las matemáticas, el modelado formal, la investigación, la dinámica de sistemas y la simulación.

Bajo este contexto, Profesores-Investigadores del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT) de áreas como Ingeniería Ambiental y Sistemas Computacionales, en colaboración con Profesores-Investigadores de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT), crearon una red de cuerpos académicos, como grupo de investigación dispuesto a obtener logros y fortalecer sus capacidades científicas, poniendo en práctica sus conocimientos para monitorear de manera continuo el tiradero de residuos sólidos, para pronosticar la evolución del comportamiento de los lixiviados y su proyección a los pozos de agua que alimentan a las poblaciones cercanas. Derivado de estas necesidades, el objetivo principal de este trabajo fue el diseño y construcción de un instrumento electrónico monitoreando los parámetros de pH y Temperatura de los lixiviados de manera remota de un tiradero de residuos sólidos, de tal manera que no se tenga la necesidad de ingresar al tiradero para realizar estas lecturas, para ayudar a analizar y estudiar la evolución, su comportamiento, y su proyección.

Actualmente existen instrumentos de medición de pH y Temperaturas de lixiviados, pero con la limitante que los sensores deben estar conectados a un instrumento electrónico y al sitio de medición, sin embargo el difícil acceso a estos sitios de tiraderos de residuos sólidos, aunado al precio elevado, lo vuelven poco viable para esta aplicación, de ahí la originalidad de este trabajo de investigación, como es el diseño de un instrumento electrónico, utilizando tecnología actual como tarjetas electrónicas que permitan la comunicación remota, y el Bluetooth o WI-FI.



Los primeros resultados obtenidos según los expertos de ingeniería ambiental, son aceptables sin embargo se sigue trabajando para ajustar este instrumento, y en un futuro cercano tener una medición vía internet a un centro de investigación para el monitoreo de los parámetros de pH y Temperatura de los lixiviados.

2. CONCEPTOS

2.1 Sensores de pH y Temperatura.

Para la determinación de los sensores que se utilizaron en este trabajo de investigación, se realizó un estudio de los diferentes que existen en el mercado, buscando el mejor de acuerdo a las necesidades para satisfacer el problema, de acuerdo a las características, funcionamiento y precio de los sensores, a continuación se presentan las tablas 1 y 2 de los sensores de pH, y Temperatura, que responden a las características buscadas.

Tabla 1. Características de algunos sensores de Temperatura

Dispositivo	Marca	Características	Costo	Ventajas	Desventajas
ENV-TMP	Atlas Scientific	Rango de temperatura de -20°C a 133°C Intervalos de ± 1°C Tiempo de lectura menor a 1 ms Voltaje de operación de 3.1 V a 5.5 V a 6µA Medidas del tubo: Largo de 34 mm Diámetro de 12.7 mm El largo del cable puede ser hasta de 10 m Cuenta con 3 cables para la conexión (GND, VCC y DATOS)	18.00 dls 3+ units 17.10 dls 10+ units 16.20 dls 20+ units 15.30 dls	Cuenta con protección NEMA 6P IP 68 Creado para ser utilizado en la rama ingenieril y poder ser controlado via microcontrolador. Sensor sumergible Rangos de temperatura e intervalos de medición suficientes para el lugar a ser utilizado Funciona con poco voltaje consumiendo muy poca corriente Largo de cable hasta de 10 m Puede ser controlado directamente por arduino.	Tiempo de espera para la llegada del producto en caso de ser comprado con productores Aumento significativo de precio en caso de comprarlo nacionalmente.
Sensor de temperatura	Tecnosim	Sensor plurifuncional Sensibilidad de 18 mV/°C Rango de temperatura de -20°C a 110°C Longitud del tubo de 13.5 cm Diámetro de tubo de 6.4 mm	????????	Punta de acero que permite el contacto con objetos sólidos o ácidos Se trata de un sensor plurifuncional Rango de temperatura suficiente Funcionamiento sencillo	Necesidad de uso de controlador y simulador de la marca

Tabla 2. Algunos sensores de pH

Dispositivo	Marca	Características	Costo	Ventajas	Desventajas
pH	Circuit Atlas Scientific	Rango de lectura de pH de 0.01 a 14 Maneja dos cifras significativas para las mediciones Opera en un rango de 2.5V a 5.5V Consumo de 0.7mA a 1.6mA Rango de temperatura de 1°C a 99°C Velocidad de lectura de 95% por segundo Medidas del sensor 12mm de diám. 150mm largo Medidas de la tarjeta 14mm de Ancho. 20.16mm largo	105.95 dls 3+ units 100.65 dls 10+ units 95.36 dls 20+ units 90.06 dls \$2150.00	Rango de temperatura suficiente para la utilizada necesaria Funciona con poco voltaje Maneja una tarjeta controladora compatible con arduino. Programación sencilla que utiliza sólo 11 comandos Puede funcionar con lecturas simples y con lecturas continuas	Tiene que ser calibrado No funciona en temperaturas debajo de 0°C
Sensor de pH	Tecnosim	Tipo: Gel Ag/AgCl, cuerpo apóxico Sensibilidad de 0.06 V por unidad de pH Tiempo de respuesta: 90% de respuesta final en un segundo Rango de temperatura de 5 °C a 80 °C Rango de pH de 0 a 14 Medidas electrodo de pH, Long: 13 cm Diám: 12 mm Altura de la ranura: 1 cm	Sin información	Funciona con un rango de pH suficiente para la utilidad Tiempo de vida útil muy largo	La temperatura a la que trabaja no está por debajo de los 5°C Necesidad de mantenimiento continuo



2.2 tarjetas

De la misma manera se realizó un estudio completo de las diferentes tecnologías a utilizar para llevar a cabo este trabajo de investigación, buscando la mejor opción de hardware a utilizar y se determinó que era arduino por su flexibilidad y fácil manejo, además del bajo costo comprado con tarjetas de adquisición de datos comerciales.

2.2.1 Tarjeta Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto que está basada en electrónica flexible y fácil de usar (hardware y software).

Arduino comunicarse con el entorno mediante una serie de sensores que pueden ser conectadas a sus entradas analógicas o digitales. Puede controlar entre muchos dispositivos, luces, motores y otros actuadores mediante el acoplamiento electrónico adecuado. La placa de Arduino (ver figura 1) cuenta con un microcontrolador que se programa mediante lenguaje de programación arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).



Figura 1. Tarjeta con plataforma arduino

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328. Esta tarjeta electrónica cuenta con 14 entradas / salidas digitales pines (de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un oscilador a 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reset. Cuenta con lo necesario para poder ser controlado a través del microcontrolador por medio de una computadora [2].

2.2.2 BLUETOOTH

Bluetooth es una norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, posibilita la transmisión entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia [3]. Los Principales objetivos de esta norma son [4]:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas.

Para éste método de comunicación, consta de dos dispositivos:

- Un adaptador de USB a Bluetooth
- Un adaptador de Bluetooth a puerto serie RS232

Para la configuración de estos dispositivos se realiza mediante software.



Las distancias a las que se van a poder comunicar estos dispositivos, dependen de la antena que tenga conectada:

Tabla 3. Distancia de comunicación de los bluetooth

Modelo	Antena	Máxima distancia (m)
Depende del modelo	Default-Default	120
	Default-Dipolo	150
	Dipolo-Dipolo	200
	Patch-Dipolo	400
	Patch-Patch	1200

2.2.3 XBEE

Con respecto comunicación WiFi, existe un dispositivo electrónico como interfaz, llamada XBee, que es capaz de comunicarse con otros dispositivos que empleen la misma tecnología y que se encuentren 100% sincronizados.



Figura 2. Módulo XBee

El dispositivo ® WiFi RF Module, cuenta con una gran cantidad de especificaciones dentro de las más importantes se anuncian a continuación:

- Interfaz de comunicación 802.11 b/g/n.
- Compatible con arduino.
- Buen rango de alcance.

Es importante mencionar que es compatible con arduino y en general se puede decir que este dispositivo es una pieza fundamental para una buena conexión wifi debido a su versatilidad.

Para poder establecer cualquier comunicación inalámbrica es necesario conocer los estándares de comunicación que utilizan estos dispositivos; para esta aplicación de monitoreo, en un inicio vía wifi multimodal, es decir el monitoreo de varios puntos del tiradero de residuo sólido.

Para ello es necesario conocer el estándar 802.11 b/g/n, por otro lado la unidad de comunicación inalámbrica de los sensores (xbee) utiliza el estándar 802.11 b/g/n, por consiguiente ambos dispositivos emplean la misma tecnología de comunicación. por todo lo anterior, se deben conocer las características de este estándar de comunicación, sus limitantes, ventajas y desventajas [5].

3. protocolo de comunicación

Hace algunos años para trabajar o tener acceso a internet con una computadora, se necesitaba estar conectado físicamente a la red, con el avance tecnológico se ha logrado conexiones a una red de manera inalámbrica, esto se logra gracias a los dispositivos que soportan el protocolo 802.11. el protocolo 802.11 es un estándar de protocolo de comunicaciones de la ieee (Institute of



Electrical and Electronic Engineers) que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (open system interconnection) en las capas físicas y de enlace de datos, especificando sus normas de funcionamiento en una red inalámbrica. En general, los protocolos de la familia IEEE 802.x definen la tecnología de redes de área local [6].

La tecnología IEEE 802.11 ha ido evolucionando, desarrollando sus características, haciéndola más versátil y mejorando su compatibilidad. A continuación en la figura 3, se describen los estándares empleados en este sistema:

Normas (capa física y de acceso al medio)	Velocidad transmisión máxima (Mbps)	Throughput máximo típico (Mbps)	Numero máximo de redes colocalizadas	Banda de frecuencia	Radio de cobertura típico (interior)	Radio de cobertura típico (exterior)
IEEE 802.11a/h	54 Mbps	22 Mbps	14 (5.7 GHz)	5 GHz	85 m	185 m
IEEE 802.11b	11 Mbps	6 Mbps	3	2.4 GHz	50 m	140 m
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps	3	2.4 GHz	65 m	150 m
IEEE 802.11n (40 MHz)*	>300 Mbps	>100 Mbps	1 (2.4 GHz) 7 (5.7 GHz)	5 GHz	120 m	300 m
IEEE 802.11n (20 MHz)*	144 Mbps	74 Mbps	3 (2.4 GHz) 14 (5.7 GHz)	2.4 GHz y 5 GHz	120 m	300 m

Figura 3. Características de los distintos estándares IEEE 802.11

De acuerdo a la figura 3, el estándar que se utilizó por el fácil manejo de la transmisión de datos y la distancia de cobertura fue el IEEE 802.11n. Para el mejor aprovechamiento de comunicación es necesario tratar de establecer comunicación usando el estándar IEEE 802.11n (40 – 20 MHz) debido a sus características y los beneficios que nos ofrece.

4. trabajos previos

Actualmente en el estado de México no se conoce algún tiradero de residuo sólido controlado y vigilado al 100%, sobre todo con tecnología de comunicación inalámbrica, como la aplicación que en esta investigación se le dio.

Aunque existe muchos trabajos de censado a través de Bluetooth o WiFi, hasta el momento no se tiene conocimiento aplicado a un tiradero de residuos sólidos.

Algunas aplicaciones de monitoreo o comunicación de Bluetooth entre las que se pueden mencionar son las realizadas por la Universidad Complutense de Madrid, España:

En el trabajo de Cocero y Díaz, el objetivo fue el estudio y desarrollo de las aplicaciones Bluetooth para móviles. Se centraron en móviles que utilizan la tecnología Symbian OS, en particular para la serie S60 de Nokia. Este trabajo de investigación, tiene una gran carga de investigación y formación desarrollada en el año 2007, se trataba de una tecnología relativamente nueva, muy cambiante y que no existía mucha información y gente experta en el tema, como puede ocurrir con otras tecnologías. Las dos aplicaciones principales en las que se enfocó fue un chat Bluetooth y un sniffer para Bluetooth. Actualmente ya se encuentra con más información y gente experta en esta área, aunque sigue la evolución día a día, así como nuevas aplicaciones [7].

En el trabajo de Cano, García y Sánchez, el objetivo fue el diseño e implementación de un sistema de control de acceso físico alternativo en los dispositivos móviles. Un sistema fácil de usar, cómodo y económico, que proporcione una seguridad configurable, una gestión centralizada y que permita a los usuarios utilizar sus propios teléfonos móviles como llaves de acceso a las áreas restringidas, mediante la conexión de Bluetooth [8].



Entre los muchos trabajos realizados para la adquisición de datos mediante wifi, se encuentra el realizado por Moreno, donde el objetivo principal fue el desarrollo de un prototipo para la adquisición de datos sobre zigbee, basado en el protocolo estándar IEEE 802.15.4, para aplicación industrial para medir temperatura y humedad relativa del medio ambiente, el dispositivo zigbee utilizado tuvo un alcance de 20 hasta 70 m.

Como se puede observar el bluetooth esta orientado más a dispositivos móviles con distancias limitadas e insitu, además de consumir más energía por su servicio ininterrumpido.

En cambio wifi con Zigbee, debido a su transferencia media de datos y ciclos de servicio bajos, así como el ahorro de energía es mejor que el bluetooth, sobre todo para la aplicación donde el monitoreo de las variables de temperatura y ph de lixiviados no debe ser repetitivo, debido a que no hay un cambio drástico de un día a otro o en el mismo día.

5. METODOLOGÍA USADA PARA EL DESARROLLO DEL INSTRUMENTO ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN.

La metodología utilizada para el diseño del instrumento de medición de pH y Temperatura de un tiradero de residuos sólidos, se basa en la metodología gestionada por la ingeniería de sistemas. El trabajo fue colaborativo, dividiéndose las actividades siguiendo dos tendencias entre los cuerpos académicos:

- El grupo ingeniería de sistemas, se encargó del análisis, modelado y desarrollo del instrumento de medición.
- El grupo de ingeniería ambiental, se encargó de los aspectos cualitativos del problema y del entorno dónde se ubica el tiradero de residuos sólidos, del monitoreo y resultados de las variables del instrumento de medición, comparándolo con los resultados manuales.

El proceso de desarrollo del instrumento de medición de pH y Temperatura, el tratamiento de información y representación del comportamiento de contaminantes generados en un tiradero de residuos sólidos, es un trabajo multidisciplinario dirigido por la Ingeniería de Sistemas, que requirió de un conjunto de conceptos, una metodología y de un lenguaje propio. El proceso conocido también como ciclo de vida del software, comprende cuatro grandes fases: análisis, diseño, desarrollo e implementación, como se observa en la figura 4 [9].

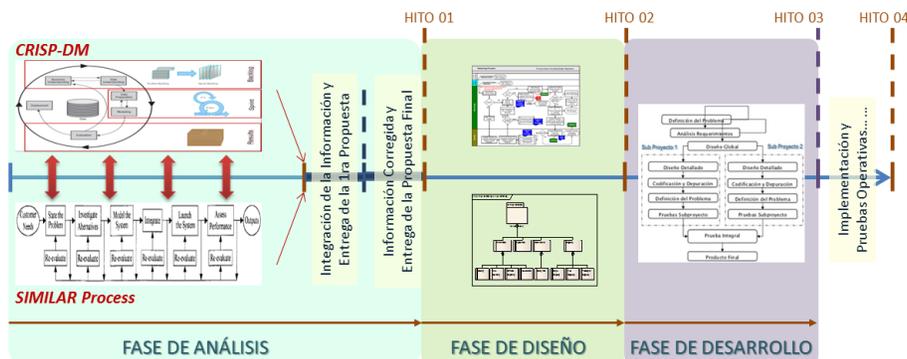


Figura 4. Ciclo de vida del Software



Siguiendo la metodología, el análisis permitió definir el alcance del proyecto y desarrollar los procesos de negocio. En el diseño se definió un plan del proyecto, se especificaron las características y se fundamentó la arquitectura, mediante el diseño de los diagramas de ingeniería y el prototipo virtual. En el desarrollo fue concebido el instrumento de medición para efectuar las primeras aproximaciones experimentales, finalmente en la implementación se realizarán las pruebas finales del instrumento con los usuarios del mismo, con el propósito de ser verificado y validado.

6. DISEÑO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

1^{era} fase: análisis. Esta fase inició con entrevistas, cuestionarios y algunas visitas de campo, con la finalidad de buscar y organizar toda la información posible en torno al problema sobre el que se trabaja. En esta etapa destacaron los requerimientos definidos por los dos cuerpos académicos en el ámbito de Ingeniería Ambiental, además, se busca que con el apoyo del un instrumento de medición de pH y Temperatura, se vigile la proyección de los lixiviados.

2^a fase: diseño. A partir del análisis, se obtuvieron los diagramas de ingeniería, los documentos de especificaciones, para generar el prototipo virtual, el cual es simulado por el software labview, antes de ser construido. Cuando se obtuvieron las señales y los valores de las lecturas esperadas, se procedió al desarrollo del prototipo físico.

En la figura 5, representa el funcionamiento del instrumento de medición de pH y temperatura que a través de WiFi, que en un futuro próximo se realizará el monitoreo desde la institución, sin tener que estar en el lugar, a través de un dispositivo BAM.

En el análisis se consideró la opción de que el monitoreo sea desde la institución a través de la transmisión de una red WiFi, por medio de un dispositivo BAM, el cual es soportado por la tarjeta arduino. Una vez simulado el instrumento, se pasa a la fase de desarrollo.

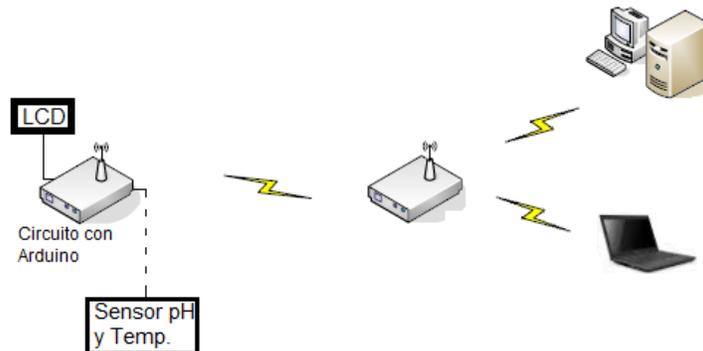


Figura 5. Sistema de adquisición de datos por medio de WiFi, hacia laptop, o una PC, cercana al sitio de tiradero de residuos sólidos

3^a fase: desarrollo. Los sensores de pH y Temperatura, son actuadores que están puntos estratégicos del tiradero de residuos sólidos, los cuales son sumergidos en los lixiviados. Convirtiendo una señal física en eléctrica, que es detectada por la tarjeta adquisición de datos arduino, que por medio de convertidor analógico a digital y el microcontrolador, que es programado para obtener la lectura real de los parámetros de los sensores antes mencionados y estos datos son transmitidos por medio de Zigbee, por WiFi, y recibida por el momento con una laptop de manera insitu todos los sensores colocados en los distintos puntos.

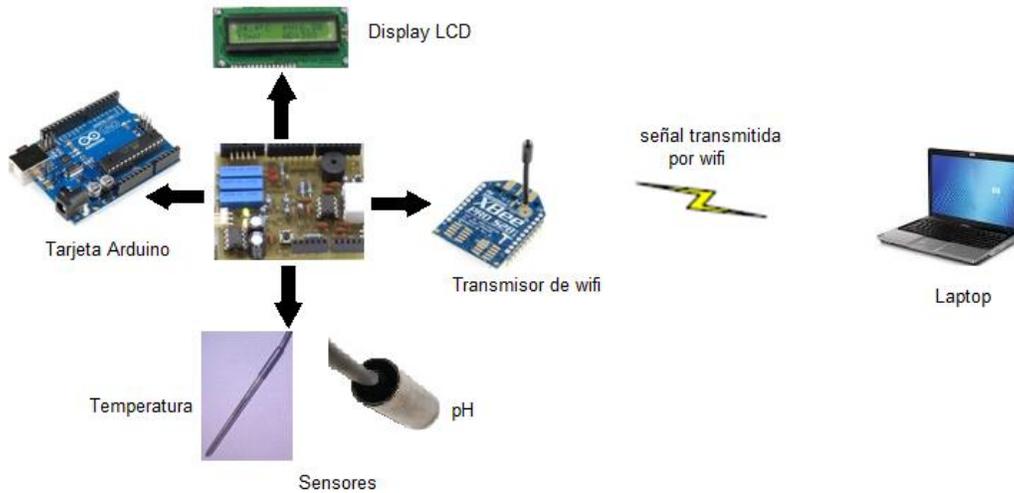


Figura 6. Dispositivos electrónicos y sensores que componen el instrumento de medición de pH y Temperatura

Con el display LCD, se puede observar los valores de pH y Temperatura, de manera instantánea y real, con este visualizador se puede ajustar la programación para obtener los valores correctos o la calibración del instrumento.

Por otra parte, a través de una tarjeta de extensión de arduino que contiene dispositivos electrónicos se controla el display LCD y la adquisición de datos de los sensores que se colocan en los lixiviados, el transmisor de WiFi xbee pro, es conectado a la tarjeta arduino a través de la tarjeta de extensión, con el protocolo estándar 802.11n.

7. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Y LA LECTURA MANUAL

Los primeros resultados realizados, de la adquisición de datos a través del instrumento electrónico de medición de pH y Temperatura de lixiviados, por medio de la tarjeta arduino, no fue exacto o cercano a los valores realizados de manera manual, sin embargo se puede corregir mediante programación.

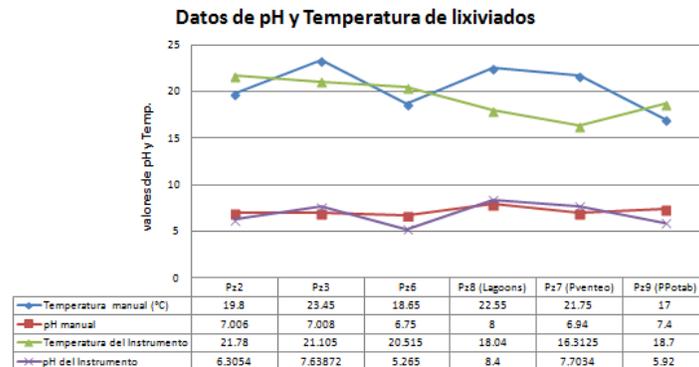


Figura 7. Datos y gráficas obtenidos de las lecturas de manera manual y con el instrumento de medición



A pesar de no tener los resultados esperados por los expertos de ingeniería ambiental, como los obtuvieron de manera manual, estuvieron convencidos que se puede solucionar a través de la programación, unos de las preocupaciones que se tenía no solo de los valores reales que se esperaban fue el alcance del instrumento de medición, debido a que los sensores son introducidos en los lixiviados de manera directa que se encuentran de 6 a 10 metros de profundidad, Sin embargo respondió a la expectativa, por lo que actualmente se encuentra el desarrollo de mejoras tanto en el circuito electrónico, como la adaptación de los sensores y el acondicionamiento del circuito arduino para que sea fijado en los puntos de muestreo del tiradero de residuos sólidos, para evitar el robo de estos instrumentos.

8. CONCLUSIONES

Al tratarse de una tecnología que cada vez se usa mucho para aplicaciones industriales, automatización y domótica, también se puede utilizar para mejorar el medio ambiente como es el caso de esta aplicación en beneficio de una población, con el monitoreo continuo del pH y Temperatura de los lixiviados de un tiradero de residuos sólidos, y predecir la proyección de los contaminantes de posos de agua de bombeo cercanos.

El instrumento de medición por el momento ha respondido como se tenía pensado, y cumplido con la expectativa, según los expertos, obteniéndose desde 0.01 hasta un 12% doce por ciento de error, que se puede solucionar a través de algoritmos computacionales, por lo que no es uno de los problemas principales a resolver.

El principal problema que se tenía fue el verificar el funcionamiento del instrumento de medición a profundidades de 10 metros donde se colocaría el sensor, sin embargo se pensó que se podía solucionar poniendo el transmisor de WiFi para un red local y monitorear los diferentes puntos de medición del tiradero, pero no se tuvo problema en este aspecto y funcionó de acuerdo a lo esperado, con errores que se puede corregir como se mencionó anteriormente por medio de programación. Se pudo comprobar que la tecnología utilizando arduino es muy útil para este tipo de aplicaciones.

9. RECOMENDACIONES

El trabajo futuro se debe de centrar principalmente en la creación de un medio de comunicación para el monitoreo desde la institución, por lo que se recomienda utilizar dispositivos como la BAM, que es reconocida y puede ser adaptada por la tarjeta arduino, para transmitir por internet los datos de los sensores y tener un mejor control a distancia, incluso no solo en la institución sino a través de dispositivos móviles, ya sea insitu o a distancia. Cabe hacer mención que ya se encuentra trabajando en esta alternativa.

10. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por su apoyo y patrocinio para la realización de este trabajo que forma parte del proyecto "Aplicación de Tecnologías para la Identificación, Tratamiento y Representación del Comportamiento de Contaminantes Generados en un Tiradero de Residuos Sólidos" de Red de cuerpos académicos "Innovación Tecnológica en Ingeniería Ambiental y Tratamiento de la Información" (ITIATI). Convocatoria 2012. De igual manera agradecemos el apoyo a la DGEST, que ha servido como base para seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.



11. REFERENCIAS

1. Daniel Geissert e Isabel Barois, “Qué importancia tiene conocer la acidez del suelo?”, INECOL, A.C. Julio 2012.
2. Página web, http://www.intekelectronica.com.ar/productos/arduino/placas/arduino_uno.php#info_producto
3. Página web <http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/Bluetooth.html>
4. Página web <http://www.notei.com.mx/index.php?id=89>
5. Antón Girod Fortuño, Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de Digi, Universitat Rovira I Virgili, España, Mayo 2012.
6. Protocolo 802.11 capítulo 2, página web, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/alvarez_v_cd/capitulo2.pdf
7. Esther Cocero Navarro y Jorge Díaz Bizarro, Estudio de aplicaciones de bluetooth para móviles de la serie S60de Nokia, Universidad Complutense de Madrid, España, Junio 2007 (Tesis).
8. Jesús María Cano García, Teresa García de la Torre y Pedro Sánchez Aparicio Sistema de Acceso Bluetooth, Universidad Complutense de Madrid, España, 2008-2009 (Tesis).
9. Sommerville I. (2011). Software Engineering (9th Edition). Pearson Addison-Wesley. United States Of America.



PROPUESTA DE RED BAYESIANA CON 5 VARIABLES BÁSICAS EN LA ATENUACIÓN ÓPTICA DE UNA FIBRA.

José Gabriel Réding Domínguez, José Alonso Pérez Cruz, Benjamín Tass Herrera, Gustavo Verduzco Reyes, Jorge Vázquez Torres.

Universidad Autónoma del Carmen
Instituto Tecnológico del Sur de Yucatán

reding70@yahoo.com.mx

japerez@pampano.unacar.mx

btass@pampano.unacar.mx

gverduzco@pampano.unacar.mx

vazquez_70@yahoo.com.mx

Abstract— to propose the application of the principles of Bayesian network to attenuation generated in an optical system, can segregate five variables directly influencing the reduction in power of the optical signal transmitted. However, the isolation of variables accordingly brings the parameter definition, susceptible to error in the determination of probabilities. The Bayesian network proposal with five basic variables in the attenuation of a fiber optic selects five parameters in optical attenuation without eliminating the other possible causes, only records the inferential behavior of the scattering, absorption, reflection, and bends over temperature the attenuation in the optical power. The initial probabilities assigned to these variables, are extracted from a database of faults detected in the largest telecommunications company in Mexico, the department of transmission of telephone exchanges in the city of Puebla, waiting generalize the effects of the proposed model to any transmission system based on optical filaments.

Keywords: Bayesian network, attenuation, variables, probability, inferential, transmission.

Resumen— al proponer la aplicación de los principios de una red Bayesiana a la atenuación generada en un sistema óptico, segregamos cinco variables que influyen directamente en la reducción de la potencia de la señal óptica transmitida. No obstante, el aislamiento de variables trae en consecuencia la delimitación de parámetros, susceptible al error en la determinación de probabilidades. La *Propuesta de Red Bayesiana con cinco variables básicas en la atenuación óptica de una fibra* selecciona cinco parámetros ponderables presentes en la atenuación óptica sin prescindir del resto de causas probables, solo registra el comportamiento inferencial de la dispersión, absorción, reflexión, dobleces y temperatura con respecto a la atenuación en la potencia óptica. Las probabilidades iniciales asignadas a dichas variables, son extraídas de una base de datos de fallas detectadas en la empresa de telecomunicaciones más grande en México, del departamento de transmisión de las centrales telefónicas de la ciudad de Puebla, esperando generalizar los efectos del modelo propuesto a cualquier sistema de transmisión basado en filamentos ópticos.

Palabras clave: red Bayesiana, atenuación, variables, probabilidades, inferencial, transmisión.



1. Inferencia probabilística

La capacidad intelectual de los estudiosos en telecomunicaciones, dirige la aplicación de la inferencia como una evaluación y abstracción de hechos que nos provea de un razonamiento lógico probabilístico, que desemboque en el cálculo de la disponibilidad de los equipos de telecomunicaciones mismos que soportan los servicios a los usuarios.

La inferencia puede ser subclasificada en base a los datos acotados en el problema, de tal modo que tenemos la llamada inferencia clásica, la multivaluada y la difusa. La inferencia probabilística nos permite la detección de que se lleve a cabo un evento dado el hecho de que otros ya se han manifestado y en función de un índice de ocurrencia.

La sociabilidad del conocimiento adquirido por los expertos, en éste caso el registro de fallas en una central de conmutación (área de telecomunicaciones), nos lleva al entrenamiento de sistemas y/o personas para la toma de decisiones; en el caso de la inferencia probabilística nos delimita las variables trascendentales en un evento ponderando su valor, lo que nos orienta a la formulación de modelos que soportan el estudio y la prevención de caídas en los enlaces ópticos, integración de nuevas hipótesis, prevención de desastres, etc.

Ahora bien, la necesidad actual de entender y administrar los conocimientos técnicos en aras de la prevención de suspensiones en los enlaces de telecomunicaciones, nos lleva a la búsqueda y aplicación de herramientas que se basan en estudios inferenciales probabilísticos, tal es el caso de las redes Bayesianas, no sin antes visualizar el hecho de que la variabilidad de los resultados nos llevará, indudablemente, a iterar la solución de los problemas y reducirlos a un modelo.

La inferencia Bayesiana busca generar una acción en base a la presentación de variables con asignaciones a priori, a las cuales se les ha asignado un peso o ponderación. Las creencias pueden ser modificadas para mejorar el estudio inferencial.

La inferencia probabilística nos dota de "cálculos" o probabilidades para fundamentar una correcta toma de decisiones, pero no nos exime de la posibilidad del fracaso o cambio de ponderaciones e incluso de variables. Dado lo anterior se sugiere el modificar las creencias e iterar el modelo en aras de la mejora y modificación de creencias.

2. Redes Bayesianas

Los modelos gráficos probabilísticos basados en incertidumbre y en el acervo cultural de los expertos y/o bases de datos, se han convertido en una herramienta fundamental para el cálculo y aplicación práctica de la inferencia probabilística, lo que nos lleva a la integración del conocimiento en temas como las redes Bayesianas aplicadas a la disponibilidad de sistemas en telecomunicaciones, detección de fallas o prevención de caídas en los enlaces.

Para ser precisos, en el campo de las comunicaciones, los modelos Bayesianos buscan describir probabilísticamente el hecho de que un evento se lleve a cabo en función de que se hayan presentado situaciones similares con antelación y con ello prevenir caídas en el servicio prestado y por supuesto, brindar un soporte técnico oportuno ante una eventualidad.

Una red de creencia o Bayesiana se define como un modelo probabilístico representado en un Grafo Acíclico Dirigido (GAD). La función del modelo o grafo es mostrar un conjunto de variables y su interdependencia probabilística.

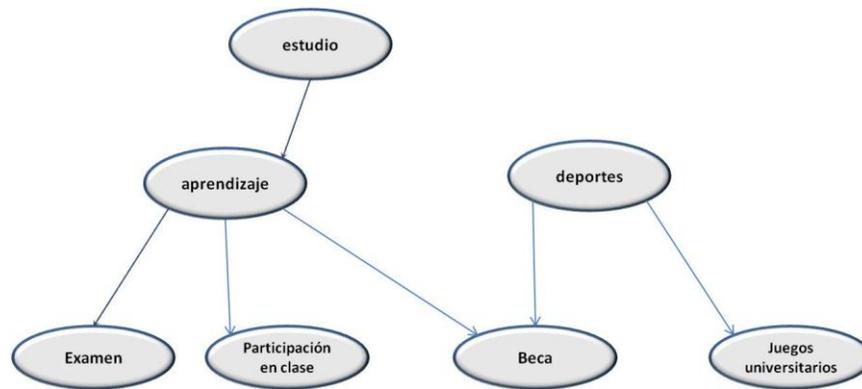


Fig. 9. Ejemplo de un GAD (Grafo Acíclico Dirigido).

El grafo en cuestión se construye empleando arcos dirigidos que nos representan la interdependencia y/o influencia que tienen ciertas variables denominadas *padres* a otras variables o nodos denominados *hijos*. El grafo en sí es un modelo representativo de la interdependencia inferencial probabilística de un evento sujeto a la posibilidad de que se cumplan ciertos parámetros. La existencia de expertos en el tema o bases de datos de origen, nos lleva a calcular las probabilidades posteriores de eventos probables e interdependientes.

La información generada por el experto, será el arranque en el cálculo inicial paramétrico del modelo, con lo cual iteramos hasta obtener las probabilidades de ocurrencia en la atenuación de la señal óptica. En el inicio del modelo propuesto se sugiere una serie de datos probabilísticos de arranque (creencias), mismos que podrán modificarse en aras de optimizar los resultados de la red Bayesiana.

Las variables segregadas en nuestra red son: *dispersión, absorción del material óptico, reflexión, efectos por doblez y efectos por temperatura*. Las cinco variables anteriores nos dan los nodos y su interconexión nos provee de la influencia nodal. La presentación de nuestra red Bayesiana nos brinda, ya sea una orientación para la toma de decisiones (objetivo primordial en un cálculo inferencial), o para corroborar o reconsiderar la utilidad de las variables objeto del estudio (en base a evidencias adicionales), o para promover un análisis de sensibilidad (con lo que se conocerán las secciones con mayor impacto dentro del modelo) y para generar finalmente, un modelo simple y explicativo del sistema de transmisión por fibra óptica para el técnico analista administrador del enlace.

3. Transmisión por fibra óptica

Al pretender diseñar sistemas que pudiesen realizar transmisiones de datos a la velocidad de la luz, surgió la pregunta: *¿cómo hacer para transportar información a base de fotones luminosos a lo largo de centenas o de miles de kilómetros?* La respuesta fue hallada en que las comunicaciones ópticas suponen la disponibilidad de fuentes potentes, de hilos ópticos de transmisión casi o sin pérdidas y de detectores fieles de la energía recibida (diodos láser o APD).

Todo sistema de comunicaciones vía fibra óptica está compuesto por tres elementos fundamentales: un emisor (láser o LED), un receptor (fotodiodo) y un medio de transmisión (la fibra óptica, misma que puede ser monomodo, multimodo de índice graduado o escalonado) [1] [2].

Cuando se habla de un sistema de transmisión por fibra óptica nos referimos al proceso de envío y recepción de una señal, la cual es “modificada o modulada” de su forma original a una energía lumínica.

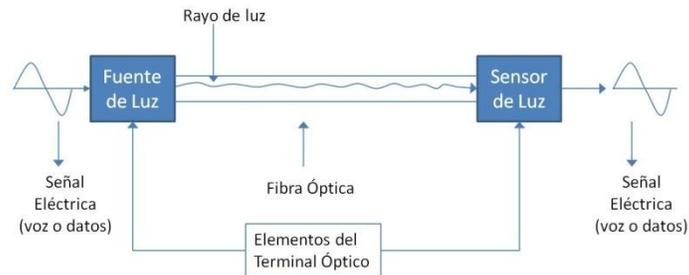


Fig. 2. Esquema de enlace vía fibra óptica

Como se puede observar en la figura 2, el sistema es capaz de transmitir señales analógicas o digitales de una determinada velocidad de transmisión (normalmente velocidades arriba de un megabit) empleando convertidores opto eléctricos. Para esta transmisión lumínica, las señales primarias eléctricas deben ser convertidas en señales de luz o impulsos luminosos, los que serán enviados a través de la fibra óptica y éstos retornarán a impulsos eléctricos en el receptor [3] [4]. Tanto la conversión eléctrica a óptica y viceversa, así como las conversiones de códigos se realizan en el equipo terminal de línea óptica llamado OLTE.

Cabe hacer mención que durante el trayecto de las señales lumínicas, las pérdidas que presenta la transmisión de la información pueden ser tan grandes que la señal se debilita, y al intentar ser decodificada, no se pueden recuperar íntegramente los datos perdiéndose la inteligibilidad de los mismos. Debido a lo anterior es necesario “incrustar” repetidores en la trayectoria de la fibra (conocidos como configuraciones ByB o back to back o espalda con espalda). Los repetidores o regeneradores filtran, ecualizan e incrementan la potencia de la señal para que ésta sea retransmitida y llegue a su destino con la suficiente potencia para ser decodificada.

3.1 La atenuación óptica y los modos de propagación de las fibras

El modo de propagación se refiere a las trayectorias ópticas que deberá seguir el haz de luz dentro de la fibra (fabricada con vidrio y en algunos casos, con un tipo especial de plástico). El modo de propagación óptico se determina analizando la frecuencia con la que será transmitida la onda electromagnética a través del filamento óptico.

Los factores adicionales a considerar en el establecimiento y análisis de los modos de propagación son el diámetro interior del núcleo de la fibra, la variabilidad del índice de refracción (éstos dos factores son determinantes en la fabricación del medio) y, por supuesto, el tipo de fibra (monomodo o multimodo).

A la variación del índice con respecto a la distancia se le conoce como perfil del índice, dicha variación conlleva a la generación de dos tipos de perfiles en las fibras multimodo: el índice escalón o escalonado y el graduado o parabólico. La variación en el índice de refracción se logra adicionando capas de distinto índice hasta lograr conjugar un núcleo compuesto, dependiendo de las capas se tendrá una refracción abrupta o en ángulos rectos o casi rectos o suave, esto último nos lleva a un índice graduado paulatino.



La velocidad de la luz en cada punto de contacto está en función del propio índice componente del medio o fibra y nos dará como resultado la generación de diferentes velocidades de propagación.

La apertura numérica se ha definido como un indicador adimensional que muestra el límite de ángulos incidentes en el sistema óptico tanto a la entrada como a la salida de la fibra óptica.

Para la aplicación de fibras monomodo tenemos que se caracteriza por poseer un núcleo muy pequeño de menos de 1 micrómetro ($1\mu\text{m}$), con un revestimiento primario de 125 micrómetros ($125\mu\text{m}$), su apertura numérica está en el orden de 0.12 y 0.14 con una atenuación de poco más de 0.4 dB/km. La fibra monomodo recibe su nombre debido a que aparece *un solo modo* pero a cierta longitud de onda. Esto último recibe el nombre de longitud de onda crítica de la fibra, apareciendo en consecuencia, varios modos en éste tipo de fibra óptica dependiendo de la longitud de onda alcanzada en el sistema.

Para materializar una fibra monomodo pueden adaptarse configuraciones de perfil de índice, por ejemplo el perfil W o de doble revestimiento, lo que permite ajustar la longitud de onda de dispersión cero en un margen de 1.3 a 1.5 μm (micrómetros). Por el contrario, las fibras de doble revestimiento no pueden mantener, en forma simultánea, una baja dispersión y atenuación; para lograr este efecto se han diseñado fibras con revestimiento cuádruple o de perfil segmentado.

Las fibras ópticas monomodo reciben los siguientes nombres dependiendo de su aplicación práctica en el área de las telecomunicaciones: *fibras de dispersión normal (de índice escalonado)*, *ó fibras de dispersión corrida (índice triangular)* *ó de dispersión aplanada (de índice segmentado o "w")*.

La finalidad de las fibras ópticas de dispersión corrida es la de generar una menor atenuación a longitudes de onda diferentes (1300nm, 1350nm y 1550nm) dado que en ciertas longitudes se presenta el fenómeno de absorción por humedad.

Las fibras multimodo, en general, poseen dimensiones que van desde 50 hasta 200 μm y de 150 a 250 micrómetros para su revestimiento primario, el diámetro del núcleo permite que se puedan generar varios modos o haces de luz, dando en consecuencia el fenómeno conocido como dispersión modal (apertura numérica de aproximadamente 0.3).

El núcleo de una fibra multimodo de índice escalonado posee un índice de refracción constante, por lo que la incidencia del haz de luz es directa y provoca un cambio de trayectoria inmediato y abrupto, el rayo óptico describe trayectorias "rectas". Su retraso va de 20 a 2ns.

Por otro lado la fibra de índice graduado muestra una refracción en el núcleo que va decreciendo gradualmente y en función del radio hasta alcanzar el revestimiento, su apertura numérica es de alrededor de 0.2. El retraso está en función de la optimización del perfil del índice, del ancho de banda espectral y de la longitud de onda de la fuente lumínica empleada, su retraso va de 800 a 200ps.

Sin embargo, debido a que el índice de refracción del núcleo decrece, los rayos de luz se van flexionando gradualmente regresando al centro del núcleo, eso explica el hecho de que en este tipo de fibra, la atenuación es menor en correspondencia con la de índice escalonado, donde el cambio de índice de refracción es más recto.

En las fibras de índice escalonado hay un pequeño retardo entre los rayos que inciden en la fibra (paralelos al eje) y aquellos que lo hacen con un cierto ángulo y con respecto a las distancias alcanzadas. Para dar solución al problema anterior, se diseñan y producen fibras con un núcleo cuyo material permita que la refracción sea gradual desde el eje hasta la frontera con el revestimiento, lo que provoca que las refracciones posteriores hacia el eje del núcleo hagan que ambos rayos coincidan en tiempo.



La trayectoria que recorren los rayos que inciden con diferentes ángulos es más larga, pero debido a que su velocidad es mayor en las regiones donde el índice de refracción es menor, compensa el recorrido, haciendo que lleguen al mismo tiempo que los rayos axiales, con lo que se disminuye la pérdida por dispersión modal.

3.2 Mecanismos físicos de atenuación y las fibras ópticas

La luz que se propaga en un conductor de fibra óptica experimenta una atenuación que produce una pérdida de potencia en la energía transmitida. Ante tal situación y para lograr enlaces de larga distancia sin emplear regeneradores intermedios ByB, tenemos que mantener las pérdidas o atenuación al mínimo.

La magnitud de las pérdidas luminosas depende, entre otros factores, de la longitud de onda de la luz acoplada. El parámetro que se debe analizar en un sistema de transmisión de fibra óptica es la atenuación del conductor con referencia a la longitud de onda atendiendo además, las siguientes consideraciones:

- La absorción del material
- Las reflexiones en los extremos de la fibra

La ecuación (1) muestra la relación de la atenuación de una fibra óptica con referencia a un punto de intersección de una distancia cualquiera y con una pendiente $-w$, la potencia de acoplamiento y la atenuación de la fibra. En éste resultado parcial deberemos considerar, además, la pérdida causada por empalmes, conectores, etc.

$$P_f \text{ (dBm)} = P_c \text{ (dBm)} - \alpha L \quad (1)$$

donde:

P_f = potencia a una distancia L del punto de inicio de la transmisión óptica.

P_c = potencia acoplada a la fibra.

α = atenuación propia de la fibra (dB/Km).

Los llamados mecanismos físicos que provocan pérdidas y atenuación de la señal óptica al transmitirse por la fibra, obedecen a la clasificación de intrínsecos, que son relacionados con la constitución física de la naturaleza del vidrio, mismos que no pueden erradicarse, y los llamados extrínsecos [5] que contemplan aquellas situaciones provocadas a la fibra por la tensión, curvatura, geometría, esfuerzos mecánicos, etc.

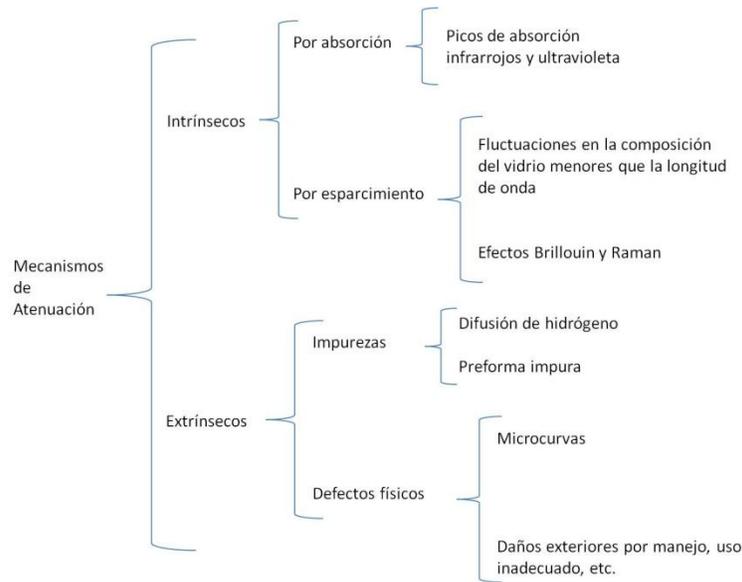


Fig. 3. Cuadro sinóptico de mecanismos de atenuación en la señal óptica

Las bandas de absorción del sílice se manifiestan en 825, 950, 1225, 1370 y 1380nm, estas bandas se gestan ante la absorción de iones residuales que experimenta el material durante su fabricación. El fenómeno anterior se hace patente en la transmisión de señales ópticas al someter el sistema a fuentes resonantes o de vibración molecular, es decir, señales con frecuencias similares o iguales.

El comportamiento del material con que se construye la fibra puede modificar su estructura cuando es expuesto a un campo electrostático, dando como resultado que el índice de refracción y el coeficiente de absorción se alteren en consecuencia de la influencia externa (campo electrostático), tales fenómenos se concentran en: el efecto Pockels, efecto Stark y el efecto Gordon Haus. En adición a estos fenómenos, tenemos el llamado efecto Franz-Keldysh que contempla la electroabsorción del haz de luz en las proximidades de la banda prohibida del filamento óptico, es decir el desplazamiento de dicha banda ante la proximidad de un campo eléctrico.

Por otro lado tenemos la llamada dispersión de Rayleigh, misma que se presenta en un rango de la longitud de onda que va desde 500 a 1500nm y es debido a la ausencia de homogeneidad (microscópica) y las fluctuaciones de densidad del propio silicio.

Ahora bien, cada vez que se desvía la trayectoria de la fibra de una posición en línea recta, se producen pérdidas por radiación y generalmente son provocadas por la incorrecta instalación y una deficiente supervisión en el mantenimiento del sistema óptico. En general, los dobleces, que generan pérdidas en la potencia, se clasifican en:

1. Dobleces micro. La trayectoria presenta pequeñas desviaciones aleatorias con respecto a la posición normalizada en línea recta.
2. Macrodobleces. Que presentan un radio de curvatura constante, como promedio se considera un radio máximo de curvatura de 20 veces el diámetro del cable en cuestión.

Otro factor a considerar es la dependencia del conductor óptico con referencia a la temperatura. Los cambios excesivos y extremos de temperatura provocan efectos degenerativos permanentes



que inician con el aumento de la atenuación en la potencia de la señal óptica. De forma nominal, un conductor óptico puede utilizarse hasta los 10 grados centígrados.

Si la temperatura desciende por debajo del límite referido, la expansión térmica del vidrio, los recubrimientos, el gel, etc. provocan tensiones que generan microdobles y fracturas. Para contrarrestar el fenómeno se ha diseñado un revestimiento de vidrio con tubo holgado cuyo empleo es en ambientes por debajo de -50 grados centígrados.

Si el cable óptico presenta una configuración de trenzado, la magnitud de la contracción del cable con respecto de la temperatura será calculado en función del elemento central alrededor del cual se trenzan las fibras, ya que éste componente actúa como una sección rígida y tiene un coeficiente de expansión térmico similar al de la fibra de sílice.

Por otro lado, la dispersión es causada por las características propias o intrínsecas del filamento óptico y de la anchura espectral de la luz incidente, lo que provoca el ensanchamiento de los pulsos de luz transmitidos a medida que se desplazan en las fibras ópticas, éste fenómeno provoca una distorsión de la señal y la pérdida de la inteligibilidad en la misma, disminuyendo la calidad de la transmisión y reduciendo el ancho de banda útil. Para contrarrestar la anchura espectral de la fuente de luz, es recomendable vigilar de forma continua la degradación del diodo láser y promover su mantenimiento y/o sustitución periódica.

La dispersión total en un sistema óptico será la suma cuadrática de la dispersión modal y la dispersión cromática.

$$TD^2 = MD^2 + CD^2 \quad (2)$$

- a) Dispersión modal: son los retardos provocados por la variación de los índices de refracción sobre los modos de propagación, lo que da origen a un ensanchamiento temporal de los pulsos. Existe una relación directa entre el número total de modos y la llamada dispersión modal [6].
- b) Cromática: el ancho espectral de la luz generada por el diodo (LED o láser) deberá ser lo más coherente posible, es decir, evitar al mínimo el ancho espectral, ya que éste será descompuesto en todas sus líneas espectrales, provocando con ello que la señal viaje a velocidades diferentes y provocando un retardo en la reconstitución de la señal enviada.

Para la transmisión de señales ópticas se precisan como transductores opto eléctricos, componentes electrónicos especializados, receptores y transmisores cuyas características están definidas por especificaciones del propio sistema, es decir, ante todo se ven regulaciones encuadradas por la *separación entre equipos* y la *velocidad o rango de transmisión* (potencia de la señal).

3.3 Propuesta de red Bayesiana

Posterior al análisis teórico probabilístico de la atenuación en un sistema de fibra óptica, hemos considerado que las variables principales involucradas pueden ser integradas en una red Bayesiana y permitir aplicar inferencia [7] [8]. Las variables delimitadas son:

1. Dispersión (cromática y modal)
2. Absorción del material
3. Reflexión del material
4. Doblez
5. Temperatura

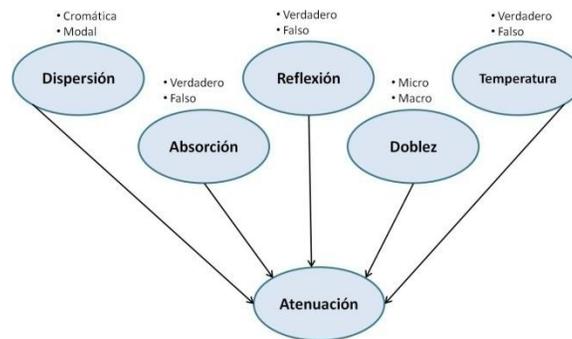


Fig. 5. Propuesta de red Bayesiana con 5 variables básicas en la atenuación óptica de una fibra.

3. Conclusión

La determinación de variables primarias en un análisis Bayesiano se fundamenta en el estudio previo del objeto, en nuestro caso la atenuación de la señal en un filamento óptico. La propuesta de red Bayesiana lograda deberá ser validada contra herramientas que apliquen inferencia probabilística buscando su mejora y adecuación.

Los datos ingresados como primarios para el arranque de la red, fueron extraídos de una base de datos de la industria de las telecomunicaciones.

La validación cruzada de los resultados redundará en la modificación de creencias y mejora del grafo propuesto.

4. Referencias

- [1] Freeman. Roger L. (2002). *"Fiber optic Systems for telecommunications"*. Ed. John Wiley & sons.
- [2] Inttelmex, *"140 Mb/s Line Terminating Magazine"*, Ericsson. Vol. 27, pp. 2-1, 8-2. Enero, 1990. México.
- [3] Carlson, A.; Crilly, Paul B and Rutledge, Janet C. *"Sistemas de Comunicación"*. 2007, México: Mc Graw Hill 859 págs.
- [4] Ángeles Herrera Salvador, Arredondo Ugalde Luis Carlos, Martínez Bárcenas Nadia Marlene. *"Diseño y optimización del enlace de comunicaciones entre Los Cabos y Puerto Vallarta por medio de fibra óptica submarina"*. Tesis del IPN capítulo 3.
- [5] Herrera Pérez, Enrique. *"Introducción a las Telecomunicaciones Digitales"*. 4ta. Reimpresión 2003. Ed. Limusa Noriega Editores. 410 págs.
- [6] Giarratano Joseph, Riley Gary. *"Sistemas expertos. Principios y programación"*. pp. 98-158. 3ra edición. Ed. Ciencias e Ingeniería.
- [7] McNurlin, B. and R.J. Sprague. *"Information Systems Management in Practice"*. 2a. ed. Vol. I. 2004, New York: Prentice Hall. 365 págs.
- [8] Redes ópticas, redes de larga distancia. Capítulo 7. <http://www.gco.upv.es/es/webdocente/redes/transpar/ro7nuevo.pdf>



PROTOTIPO DE TARJETA ELECTRONICA Y SOFTWARE, PARA LA PROGRAMACION DE REGISTROS DE ALIMENTACION USADOS EN EL CULTIVO DE PECES

Christian Eduardo Guzmán Román, José Manuel Pastrano Balderas
Instituto Tecnológico de Mazatlán

cguzman@itmazatlan.edu.mx, jmpastrano@itmazatlan.edu.mx

RESUMEN

Actualmente la alimentación de las especies en jaulas de cultivo marino se realiza de forma manual, lo cual implica la necesidad de hacer el traslado desde tierra hasta la ubicación de la jaula de cultivo las veces que sea necesario alimentar, estas dosis de alimentación se realizan a saciedad, lo cual provoca que se eleve el costo de producción sin obtener los mejores resultados, ya que dependiendo de la especie que se este cultivando, la dosificación y frecuencia de alimento es distinta (lo cual se conoce como control de eficiencia en la distribución del alimento) para obtener los mejores resultados.

El propósito del presente proyecto es el diseño de un software y una tarjeta electrónica, que dosifique el alimento de forma automática, además debe entregar la cantidad y frecuencia optima de alimento de acuerdo a la especie que se esté cultivando.

Palabras Clave: Jaulas de cultivo marino, Alimentación, dosificación automática, tarjeta electrónica programable.

ABSTRACT

Currently, the feeding of the species in cage mariculture is done manually which implies the need to transfer from land to the location of the cage as many times as necessary to supply, these doses of food are realized to satiety causing to increase the cost without obtaining the best results. depending on the species, the dosage and frequency of food is different (which is known as control efficient distribution of food) for best results.

The purpose of this project is a software and electronic card design, to dose automatically the feeding to the species in cultivation and to deliver optimal frequency and quantity of food according to the species being cultivated.

Keywords: Marine cage culture, Feeding, Automatic feeder, Programmable electronic card.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

De manera evolutiva, es posible que los antecesores de las jaulas comerciales sean los encierros, sistemas que se caracterizan por contener organismos, donde el fondo y todos sus lados excepto uno se limitan de manera natural por el sitio; y los corrales, en los cuales todos sus lados se limitan artificialmente con redes, madera o estructuras metálicas, excepto el fondo que es el lecho marino. Una jaula de cultivo marino es un artefacto flotante delimitado por redes que se sitúan cerca de las costas en lugares donde el agua reúne las condiciones adecuadas como temperatura, oxígeno, pH, etc., para que la especie que se desea cultivar pueda sobrevivir.

No es fácil definir con precisión el inicio formal del sistema moderno de cultivo comercial en jaulas debido a que existen diversas tesis al respecto



La maricultura en México inició con estudios formales preliminares en 1990 en el Noroeste del país; los sistemas de jaulas utilizados fueron con fines experimentales.

El diseño de jaulas para cultivos marinos se retomó formalmente en el 2002 por el Instituto Nacional de la Pesca, con la propuesta de módulos demostrativos de cultivos comerciales en jaulas flotantes cuadradas para especies nativas en la costa del Pacífico Mexicano, lo que impulsó de manera determinante esta actividad; sin embargo, la tecnología empleada siguió siendo limitada para responder a las necesidades operativas de un cultivo comercial [1],

Las jaulas han tenido un gran desarrollo desde sus orígenes y hoy en día hay una gran diversidad de tipos y diseños.

A principios de 2007, en el Golfo de México, en el estado de Veracruz, se instaló la primera jaula flotante móvil mexicana para el cultivo de Cobia (*Rachycentron canadum*), con una capacidad de poco más de 1000 m³, con soportes y herrajes rediseñados de acero inoxidable.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a la situación actual y la pronosticada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2004), la cual declara que a nivel mundial las pesquerías marinas de captura parecen haber alcanzado su límite, además de los inconvenientes que enfrenta la acuicultura tradicional mundial referentes a sitios adecuados, agua con calidad y costo de la energía, el cultivo en jaulas es sin duda una importante área de expansión para la producción de alimentos, debido a que estos sistemas se han convertido en un medio con gran potencial para la producción de especies marinas. Uno de los temas importantes dentro de la maricultura moderna y de éxito es la parte tecnológica referida al diseño de los sistemas y su equipamiento. El presente proyecto pretende resolver uno de los principales problemas que ocurren durante el periodo de cultivo de especies en el mar, como lo es la alimentación en raciones y frecuencias adecuadas, que se realizan actualmente por una o varias personas y se hace ha saciedad, invirtiendo demasiado tiempo, gran esfuerzo físico e inversión de capital en las jaulas de cultivo marino. .

1.2.1. Objetivos

1.2.1.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una tarjeta electrónica y software, para la programación de registros de alimentación y el control de la dosificación de alimento usado en el cultivo de peces.

1.2.1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Escribir el firmware del microcontrolador
- ✓ Escribir el software del equipo de cómputo
- ✓ Diseño y simulación de la tarjeta electrónica HID
- ✓ Construcción de la tarjeta electrónica HID

1.2.2. Justificación

El propósito de este proyecto es el de optimizar “el control de la eficiencia de la distribución del alimento” de forma automática, lo cual se traduce como (dosificar la ración de alimento requerido, a las frecuencias adecuadas), lo cual depende de la especie en cultivo, ya que este es un factor clave en la economía de la producción, lo cual permitirá optimizar la estadía, supervivencia y crecimiento de las especies en un sistema de cautiverio por un periodo de tiempo determinado y a la vez reducir la necesidad de presencia física de personal en los sistemas de cultivo, disminuyendo así los riesgos propios del trabajo, tiempos en la realización de los mismos, recursos para los traslados (embarcaciones y combustibles).

Por lo cual utilizar un alimentador autónomo en jaulas de cultivo marino traería grandes beneficios tales como: emplear un menor esfuerzo físico, reducir el número de personas destinadas a realizar



esta tarea, obtener una mejoría en la relación crecimiento-costo, optimización del alimento y menor inversión de tiempo el cual se puede destinar a realizar otras actividades.

1.3. Hipótesis

Mediante la implementación de una tarjeta electrónica y software, se asegura la alimentación en raciones y frecuencias adecuadas de forma automática en jaulas de cultivo marino, mejorando el control de la eficiencia en la distribución del alimento.

1.4. Estado del Arte

El engorde y producción de organismos acuáticos cultivados en jaulas es una práctica relativamente nueva en la acuicultura. Al igual que en la agricultura terrestre, la tendencia dentro de la acuicultura hacia el desarrollo y utilización de sistemas intensivos de cría en jaulas obedece a una combinación de factores. Entre estos se incluyen la creciente competencia a la que se enfrenta el sector por los recursos disponibles (incluyendo agua, suelo, mano de obra, energía), las economías de escala, la presión para obtener mayor productividad por unidad de área y la necesidad del sector de acceder y extenderse a costa de nuevos espacios explotados para la cría en aguas de mar abierto. [2]

La diversidad de sistemas de alimentación en jaulas de cultivo marino avanzados es escasa, los países como Suecia, Noruega entre otros presentan los mayores avances tecnológicos en ese rubro, ya que para estos la acuicultura representa una actividad preponderante.

Los sistemas de alimentación en los cultivos marinos en estos países son centralizados (a través de un equipo de computo pueden llegar a manipular hasta 40 líneas de alimentación), cuentan con un compresor (Vari Blower) que genera el flujo de aire presurizado para el transporte del alimento, después pasa por una válvula (Vari Doser) la cual regula la dosificación desde 10g/seg hasta 3000g/seg, esta llega a un selector (Vari Selector) el cual la distribuye a la línea correspondiente, todo esto se encuentra en tierra.

El avanzado sistema de alimentación AKVAMARINA CCS mostrado en la figura 1, es fabricado por grupo AKVA que es el mayor proveedor mundial de tecnología acuícola, aseguran el control del comportamiento y el estado de las especies. Pero las mayores desventajas que presentan estos sistemas serían el alto costo, la complejidad de construcción de los mismos y que es un equipo muy sobrado para su uso en jaulas de cultivo marino en nuestro país.



Figura 4. Sistemas de alimentación en cultivos marinos en otros países. [3]

Es importante conocer que el cultivo en jaulas marinas ha sido y está siendo usado exitosamente en varios países alrededor del mundo. Sin embargo es sabido que la tecnología empleada por nuestro país aun sigue siendo rudimentaria para responder a las necesidades operativas de un cultivo comercial en la actualidad. México puede tomar ventaja de experiencias e investigaciones llevadas a cabo en otros países relacionadas con la alimentación lo que serviría como referencia y guía para encontrar la mejor propuesta tomando en cuenta el costo y disponibilidad de los materiales y expandir el desarrollo de esta actividad. Por todo esto es importante impulsar la maricultura en México mediante la propuesta de un sistema de alimentación automático en jaulas de cultivo que responda a los requerimientos de los sitios, especies y producción que demanda, empleando la mejor tecnología electrónica para estos sistemas productivos y un diseño que facilite su operatividad [4].

2. DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA PC “CULTMAR”

La aplicación software de la computadora que se comunica con la tarjeta electrónica está desarrollada en Visual Basic, se selecciono este lenguaje por su sencillez, sin embargo se puede usar cualquier software que soporte uso de funciones de la API de Windows o POSIX en UNIX. Este permite que el usuario interactúe con la tarjeta electrónica, ya que en este se dan de alta registros de alimentación mediante una interfaz grafica, los cuales son almacenados en una base de datos, estos pueden ser seleccionados de dicha base de datos para transferirse mediante comunicación USB a la tarjeta electrónica la cual opera de acuerdo a esta información recibida.



2.1. Justificación de su creación

Aunque hubiese sido posible introducir directamente en la tarjeta electrónica HID-1307 registros de alimentación mediante botones y evitar el uso de un equipo de cómputo, se diseñó este software porque a pesar de la necesidad de dicho equipo se obtienen estas ventajas:

a). Interfaz grafica para configuración de registros de alimentación

Debido a que un registro de alimentación puede tener hasta diez dosis de alimento diarias con horarios y raciones distintas, también se debe agregar un periodo en donde se manejan fechas y además seleccionar entre distintos tipos de alimento incluyendo su densidad, sería bastante tardado y tedioso dar de alta el registro directamente en la tarjeta mediante botones.

b). Alta de registros en el lugar de nuestra preferencia

Sin la ayuda de este programa el único lugar en donde se podrían dar de alta registros sería en la ubicación del cultivo. Con la ayuda de este programa se puede dar de alta el registro en el lugar que se prefiera y después solo se traslada a transferirlo a la ubicación del cultivo.

c). Base de datos de registros de alimentación y alimentos

Cuando se da de alta un registro o un alimento estos se almacenan en sus respectivas bases de datos, lo cual permite su uso futuro sin la necesidad de volver a capturarlos, es decir se puede cargar en la tarjeta de acuerdo a las necesidades del cultivo las veces que sea necesario solo dándolo de alta una vez.

2.2. Interfaz grafica y operación

En la figura 2 se puede ver el formulario principal del programa, ya que es de este formulario del cual se llama a los demás, mediante los eventos de los controles. Solo se mencionaran las acciones más importantes del programa por cuestiones de espacio.



Registro Alimentación	Alimento	Fecha Inicio	Fecha Final	Hora1	Cant. 1	Tiempo1	Hora2	Cant. 2	Tiempo2	Hora3	Cant. 3	Tiempo3	Hora4
DFD	PELET TIPO B	30/05/2011	31/05/2011	12:15:14	50 Kgs	20	12:25:14	108...	43	No Re	No Re	No Re	No Re
PARGO ETAPA 1	PELET TIPO A	29/05/2011	07/06/2011	15:18:19	80 Kgs	32	15:37:19	120...	48	16:13:19	200...	80	No Re
PARGO ETAPA2	PELET TIPO A	01/10/2011	01/03/2012	15:25:32	27 Kgs	11	20:30:32	53 Kgs	21	No Re	No Re	No Re	No Re
TILAPIA ETAPA INICIAL	TILAPINA	27/06/2011	17/07/2011	07:05:26	20 Kgs	4	12:21:26	40 Kgs	8	16:21:26	75 Kgs	15	No Re
TRUCHA ETAPA INICIAL	PELET TIPO A	26/05/2011	26/05/2011	15:35:15	4700...	1880	No Re	No Re	No Re	No Re	No Re	No Re	No Re

Figura 2. Ventana principal del programa.

2) Agregar Registro

Una vez ejecutada esta acción, se desplegará una nueva ventana como la mostrada en la figura 3.



Raciones diarias	HORA	RACION KGS	TIEMPO EN SEGS
4	05:00:00	50	70.48448 70
	12:30:00	40	56.38759 56
	16:00:00	30	42.29069 42
	19:00:00	50	70.48448 70
	01:36:44	0	0 0
	01:36:44	0	0 0
	01:36:44	0	0 0
	01:36:44	0	0 0
	01:36:44	0	0 0
	01:36:44	0	0 0

Figura 3. Ventana para dar de alta registros de alimentación.

Dentro de esta venta es posible crear registros de alimentación con las características necesarias para el cultivo, estas características se definen mediante lo siguientes campos:

Nombre. Mediante este control TextBox se da el nombre con el cual se desea identificar el registro de alimentación dentro de la base de datos.

Tipo de alimento. Mediante este control Combo Box, el cual se actualiza con la base de datos de alimentos que se han dado de alta, es posible seleccionar el alimento necesario para el cultivo.

Densidad. A través de este control Label, se muestra la densidad del alimento seleccionado en el comboBox Tipo de alimento, este es solo informativo y no puede ser modificado en este control.

Fecha de Inicio. A través de este control DTPicker, es posible seleccionar la fecha en que iniciará la dosificación del alimento la cual se encuentra en el formato dd/mm/aaaa.

Fecha Final. A través de este control DTPicker, es posible seleccionar la fecha en que concluirá la dosificación del alimento la cual se encuentra en el formato dd/mm/aaaa.

Dosis diarias. Mediante este control ComboBox se seleccionan las dosis de alimento diarias necesarias para el cultivo pudiendo seleccionar mínimo una y como máximo diez.

Hora. A través de esta matriz de 10 controles DTPicker es posible seleccionar las distintas horas del día en formato hh:mm:ss, en las cuales se desea que se dosifique la ración de alimento.

Ración. Mediante estos diez controles TextBox es posible colocar la ración de alimento en kilogramos que se desee dosificar en el horario seleccionado en los controles DTPicker Hora.

Tiempo en segundos. A través de estos diez controles Label se pueden ver los segundos calculados por el software durante los cuales la herramienta de dosificación debe de permanecer encendida para que se entregue la ración programada de alimento. Este cálculo se realiza de la siguiente forma:



Ejemplo:

Densidad del alimento = $5\text{gr}/\text{cm}^3$

Flujo Volumétrico de la herramienta = $500\text{cm}^3/\text{seg}$

Ración de alimento a dosificar = 50kg

$$\text{Flujo másico de la herramienta} = \frac{5\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{500\text{cm}^3}{\text{seg}} = \frac{2500\text{gr}}{\text{seg}} \quad (1)$$

$$\text{Tiempo de dosificación} = \frac{5000\text{gr}}{\frac{2500\text{gr}}{\text{seg}}} = 20\text{seg} \quad (2)$$

3) Eliminar Registro

Elimina un Registro de alimentación de su respectiva base de datos

4) Agregar Alimento

Da de alta alimentos en la base de datos de alimentos, solo se requieren dos características para definir un nuevo alimento y se definen mediante los siguientes campos:

Nombre. Mediante este control TextBox se da el nombre con el cual se desea identificar al alimento dentro de la base de datos,

Densidad. Mediante este control TextBox se da la densidad del alimento gr/cm^3 , este dato es utilizado para realizar el cálculo del tiempo durante el cual la herramienta de dosificación debe permanecer encendida para entregar la ración de alimento programada (ecuación 1).

5) Eliminar Alimento

Elimina un alimento de su respectiva base de datos.

6) Transferir Fecha y Hora

Transfiere mediante comunicación USB la fecha y hora de el equipo de computo a la tarjeta HID-1307, esto con la finalidad de que esta tenga los valores correctos de fecha y hora, ya que de estos depende la correcta ejecución del registro de alimentación cargado.

7) Transferir Registro de Alimentación

Transfiere mediante comunicación USB un registro de alimentación de la base de datos hacia nuestra tarjeta electrónica, al seleccionar esta opción se transferirá el registro que se encuentre seleccionado en la lista de registros de alimentación.

9) Colocar Flujo Volumétrico del dosificador

Sirve para dar de alta el flujo volumétrico de la herramienta dosificadora que se va a utilizar, este queda almacenado y solo es necesario darlo de alta la primera vez que se utilice el programa, al menos que se cambie de herramienta dosificadora y esta tenga un flujo volumétrico distinto, entonces se debe de modificar. Este dato y la densidad del alimento es necesario para poder calcular el flujo másico (ecuación 1).

2.3. Implementación

El desarrollo de una aplicación que se comunique con un dispositivo HID es una tarea ardua que involucra muchas llamadas a funciones de la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Windows.

Para incluir en una aplicación Visual Basic de manera rápida las funciones de la API de Windows necesarias para la comunicación USB de la clase HID, se utilizó un programa llamado EasyHID.

Los pasos para crear una aplicación plantilla en Visual Basic usando EasyHID son los siguientes:

1. Introduzca el nombre de su compañía, nombre del producto y número de serie del producto (opcional)



2. Introduzca el ID del proveedor y el ID de producto que coincidan con los datos en el descriptor del firmware (tarjeta electrónica)

El VID (Vendor ID) y PID (Product ID) es información que requiere el host y se encuentra en los descriptores del firmware. Si se desea distribuir el dispositivo de forma comercial, en ese caso existe una organización llamada USB Implementers Forum que se encarga de proporcionarnos previo pago correspondiente un VID valido para que nuestro dispositivo conviva sin problemas con el resto de dispositivos USB del mercado. [5]

3. En este paso del asistente configura el tiempo de polling del *host*, la corriente máxima del dispositivo y el tamaño de los buffers de entrada y salida de acuerdo a los descriptores del firmware.

Uno de los parámetros más importantes es el tamaño de los buffer de salida y de entrada, ya que especifican el número de bytes que se envían y reciben respectivamente entre el equipo de cómputo y el microcontrolador durante las transacciones de datos vía USB, para este proyecto se selecciono a ambos buffer de 64 bytes, este es el tamaño máximo para comunicación Full-Speed.

También se elige el intervalo de sondeo (polling interval), que es el intervalo entre consultas del host al dispositivo, se puede establecer entre 1 y 255 ms, la frecuencia de estas consultas es negociada entre el host y el dispositivo durante el proceso de enumeración.[5]

4. Se selecciona el nombre del proyecto y la ubicación del mismo. Se eligió Visual Basic como Compilador. Después de esto se crea el proyecto en el directorio indicado.

Después de realizar estos pasos el asistente EasyHID generará tres archivos, los cuales son:

1. Archivo tipo modulo mCHIDInterface.bas, en este se llama a las funciones de la API de Windows necesarias para poder establecer comunicación con un dispositivo HID, un archivo tipo modulo comúnmente se utiliza para declarar procedimientos Sub y Function que pueden ser invocados desde cualquier formulario u objeto sobre los formularios. La API es un conjunto de funciones del sistema operativo Windows residentes en bibliotecas (generalmente dinámicas, también llamadas DLL por su extensión), ya que Windows es un sistema operativo completamente abierto nos permite usar su API, con esto se consigue agregar funcionalidad al compilador que estemos usando, ya que por ejemplo el compilador Visual Basic 6.0 que se está usando para este proyecto, no cuenta con funciones para comunicación con dispositivos HID vía USB, y al agregar funciones de la API se obtiene acceso a esta funcionalidad.

2. Archivo tipo formulario FormMain.frm, es un formulario prácticamente en blanco solo contiene la declaración del buffer de entrada y el buffer de salida mediante los cuales se realiza el intercambio de información USB, además contiene cinco procedimientos tipo sub a los cuales aun se les debe agregar funcionalidad (código) de acuerdo a nuestros requerimientos, estos procedimientos son necesarios para la comunicación entre el dispositivo (tarjeta HID-1307) y el programa de la PC.

3. Archivo tipo proyecto el cual tiene el nombre seleccionado en el asistente EasyHID extensión .vbp., este no contiene código, solo contiene la información de todos los archivos y componentes que conforman la aplicación, conforme se van agregando formularios o cualquier tipo de archivo al proyecto se actualiza el contenido de este.

A partir de esta pequeña plantilla se debe agregar el código necesario para dar el funcionamiento requerido al programa, para lograr esto se agregaron siete formularios mas y se modificaron los archivos generados por el asistente (MainForm.frm y mCHIDInterface.bas), agregando controles y código mediante procedimientos sub y function. El programa final consta de ocho formularios en total y un archivo de modulo.



3. DISEÑO DE TARJETA ELECTRONICA "HID1307"

Esta tarjeta electrónica PLUG & PLAY, se comporta como un dispositivo esclavo USB de la clase HID (Dispositivo de interfaz Humana), la cual recibe de un equipo de computo (Host) información. Pudiendo recibir dos tipos de datos.

- Fecha y hora.- Con la cual se programa el reloj de tiempo real.
- Registro de alimentación.- Este es almacenado en la memoria RAM del RTC, y es monitoreado por el microcontrolador, para ejecutar la activación de la herramienta dosificadora, de acuerdo al periodo, los horarios y raciones a dosificar que contiene el registro de alimentación almacenado.

Para lograr que el dispositivo tenga la cualidad de ser plug & play, se aprovecharon ciertas características del sistema operativo Windows, ya que en el mercado existen infinidad de dispositivos que trabajan con conectividad USB, dentro de este inmenso grupo existen dispositivos que realizan funciones similares, es decir, comparten muchos atributos o proveen o piden servicios similares, tomando en cuenta esto se agruparon en clases de dispositivos, existen alrededor de 16 clases de dispositivos para las que comúnmente los sistemas operativos ya incluyen un controlador, entre las cuales se encuentra la clase HID, por lo cual esta tarjeta se diseñó cumpliendo con las especificaciones de dicha clase, de tal forma que al conectarla a cualquier equipo de computo, es detecta como un dispositivo HID, e instala automáticamente el driver de Windows, de tal forma que esta lista para comunicarse.

La tarjeta electrónica (dispositivo) está formada por distintos subsistemas de Hardware, mostrados en la Figura 4. Estos subsistemas son:

1. Reloj de tiempo Real
2. Pantalla LCD 2X1
3. Salida a relevador opto aislada

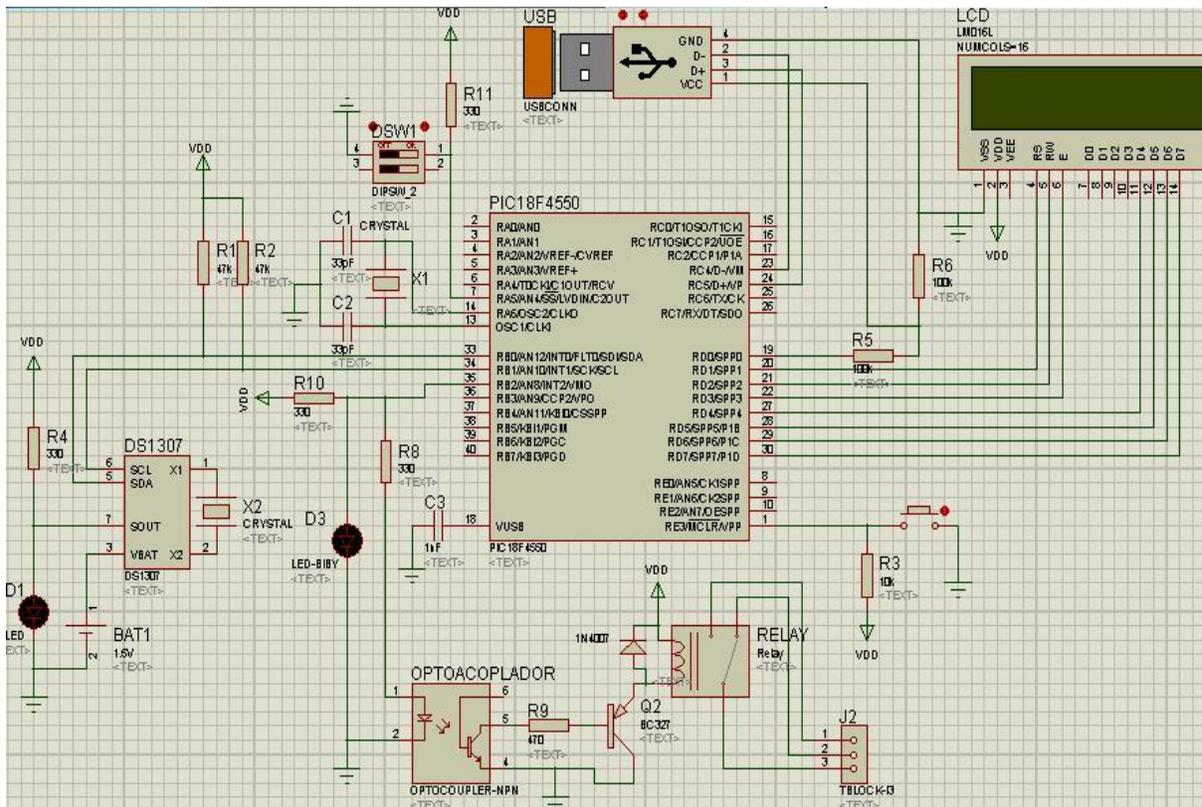


Figura 4. Hardware de la tarjeta electrónica.

El Firmware de la tarjeta electrónica se desarrollo en el compilador Mikroc Pro para PIC de Mikroelectronica, ya que este nos permite programar en un lenguaje de alto nivel como lo es lenguaje C, para realizar transacciones USB, se utilizaron las funciones de la biblioteca USB, además de la herramienta USB HID Terminal, también se utilizaron funciones de las bibliotecas LCD_Custom para el manejo de la pantalla e I2C para comunicación con el RTC.

Además de la función main, algunas funciones que se crearon para el firmware son:

1. estadusb
2. colocarhoraRTC
3. colocarregistroRTC
4. leerfechayhoraRTC
5. leerregistroRTC
6. mostrarhoralcld
7. mostrarregistrolcd
8. moshoraycant
9. mosfecha
10. mostiempo
11. monitoreo
12. delaymio

3.1. Función main

El compilador Mikroc cuenta con un avanzado IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), además es totalmente compatible con la norma ANSI C, este es un lenguaje de programación estructurado, ya que se basa en tres estructuras para programar, estructura secuencial, estructura de selección y



estructura de iteración, en donde la función principal como su nombre lo dice es main desde la cual se inicia la ejecución del código, por lo cual se describirá brevemente.

```
void main() { //inicia main
ConfRegs( );
LCD_Custom_Config(&PORTD,7,6,5,4,&PORTD,1,2,3) ;
LCD_Custom_Cmd(LCD_CURSOR_OFF) ;
LCD_Custom_Cmd(LCD_CLEAR) ;
LCD_Custom_Out(1,1,text) ;
I2C_Init(100000) ;
Delay_ms(500) ;
HID_Enable(&Read_buffer, &Write_buffer) ;
Delay_ms(500) ;
LCD_Custom_Cmd(LCD_CLEAR) ;
while(1) { //inicio while
leerfechayhoraRTC( ) ;
leerregistroRTC( ) ;
monitoreo( ) ;
num=Hid_Read( ) ;
if (num==64){
if (Read_buffer[0]=='H') { colocarhoraRTC( ) ; num=0; }
else if (Read_buffer[0]=='R') { colocarregistroRTC( ) ; num=0; }
}
if(PORTA.F5){
mostrarregistrolcd( ) ;
} else {  estadousb( ) ;  mostrarhoralcld( ) ; }
} //fin while
Delay_ms(1000) ;
HID_Disable( ) ; } // fin main
```

Además de main pueden existir cualquier cantidad de funciones creadas por el usuario, para este firmware se crearon 12 funciones mas, esto con la finalidad de que el código quede mejor organizado y entendible, además de optimizar el código reutilizando estas, como la ejecución del código es secuencial, inicia con la llamada a la función ConfRegs(), la cual da valor inicial a las variables y registros de función especial que así lo requieran y continua hasta llegar a la función LCD_Custom_cmd, después entra a un bucle while infinito, todo el tiempo se está ejecutando el código contenido dentro de este bucle, a excepción cuando atiende interrupciones USB.

3.2. Código para establecer comunicación USB

Como se menciona anteriormente, el protocolo USB es un tanto complejo, ya que involucra muchos factores para el diseño de un dispositivo. Por lo tanto el firmware que se encarga de todo el protocolo USB es bastante largo y difícil de implementar. Debido a esto, MikroC ofrece una librería que incluye funciones para comunicación USB de la clase HID, además cada proyecto basado en dicha librería debe incluir un descriptor (archivo fuente) que contiene el ID y nombre del proveedor, el ID y nombre del producto, la longitud del informe y otra información pertinente.[6]

Para crear el archivo fuente del descriptor se utilizo la herramienta USB HID terminal incluida en MikroC, el nombre por defecto del archivo descriptor creado es usbdsc.c, pero se puede renombrar



para este caso llame a este archivo USB64.c y se incluyo en el código mediante la directiva #include, como se muestra:

```
#include "C:\Archivos de Programa\Mikroelektronika\mikroC\Examples\EasyPic4\extra_examples\HID-library\USB64.c"
```

Se incluyó desde esta ubicación, ya que es en esta en donde se guarda el archivo creado con el asistente (USB64.c), además este archivo invoca a dos archivos mas llamados Definit.h y VARs.h, que deben estar en la misma ruta, una vez realizados los pasos anteriores el usuario puede agregar las funcionalidades propias del dispositivo.[6]

3.2.1. Creación del archivo descriptor mediante USB HID Terminal

Para crear el archivo descriptor se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se selecciona el menú Tools, después el submenú HID Terminal, enseguida se muestra una ventana
2. Se llenan los datos solicitados para este caso, Vendor ID (1234 Hexadecimal) equivalente a (4660 Decimal en asistente Easy HID), Product ID 0001, longitud del informe de entrada 64 y salida 64, Bus alimentado, tiempo de sondeo (polling) 10ms, Vendor Name CGUZMAN, Product Name Alimentador de Peces.
3. Se selecciona el compilador mikroC para este caso.

4. RESULTADOS

A partir del diseño anteriormente descrito se obtuvo la simulación y se construyó un prototipo de dicha tarjeta electrónica. Este dispositivo fue sometido a pruebas para verificar el funcionamiento de acuerdo a los objetivos del diseño. Estas pruebas consistieron principalmente en:

- ✓ Las características PLUG & PLAY de la tarjeta HID1307 en la distintas versiones del sistema operativo Windows.
- ✓ La comunicación (integridad de datos) USB (Clase HID) entre la tarjeta HID1307 y el software CULTMAR para sistema operativo Windows.
- ✓ Ejecución de los registros de alimentación cargados en la tarjeta HID1307.
- ✓ Dosificación de cantidades correctas de alimento por parte del mecanismo

4.1 Construcción del prototipo de la tarjeta electrónica

Antes de iniciar la construcción del prototipo físico, se validó el correcto funcionamiento de la tarjeta electrónica mediante la simulación con ayuda de los módulos ISIS y VSM de Proteus como ya se mencionó.

Para la creación de la PCB se utilizó el módulo ARES de Proteus como se puede ver en la figura 5.

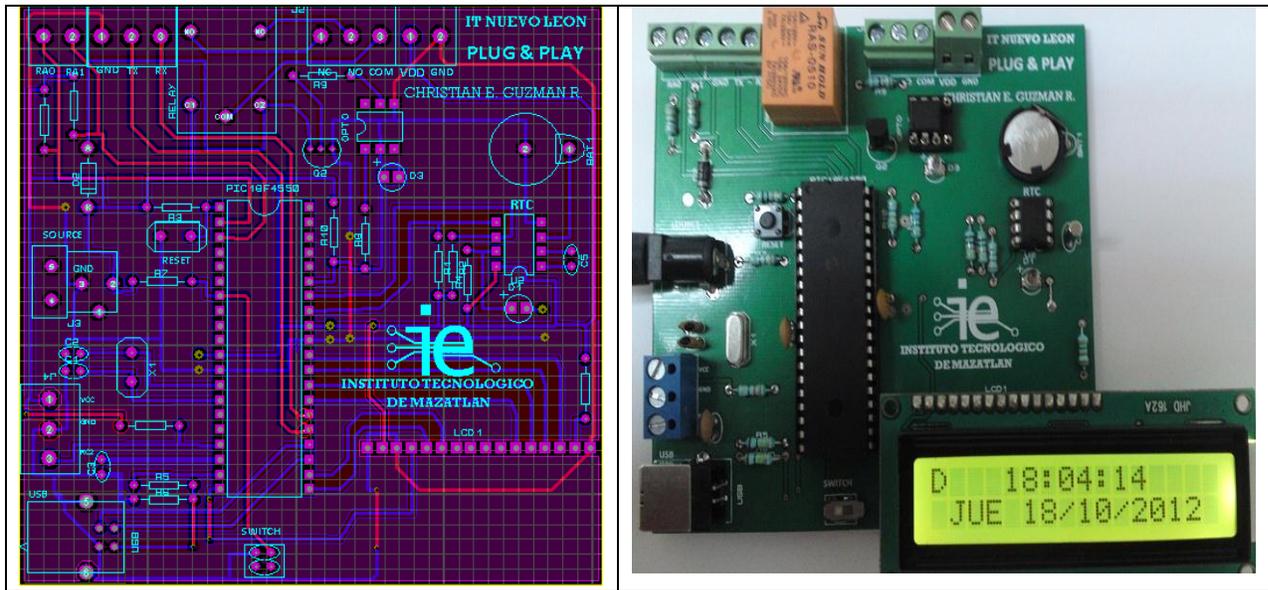


Figura 5. Diseño de pista en ARES y tarjeta construida.

4.2. Pruebas de dosificación de alimento por parte del mecanismo

Para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta electrónica HID-1307 en conjunto con la herramienta de dosificación, por cuestiones de costo, se construyó un prototipo a escala de una herramienta de dosificación con las características requeridas para la correcta operación.

El prototipo a escala de la herramienta consiste en una tolva con volumen de $20,887.53 \text{ cm}^3$ o 0.020887 m^3 , de la cual se dosifica el alimento con un transportador helicoidal, que es movido por un motorreductor de 1/8 de HP con relación de reducción 20:1 el cual entrega a la salida 85 RPM, este último permite mantener un flujo constante. Este prototipo de herramienta tiene un flujo volumétrico de $100.1474 \text{ cm}^3/\text{seg}$.

Para comprobar la exactitud del alimento entregado por el prototipo, se realizaron 15 entregas de alimento repartidas en una triada, como se puede ver en la tabla I.

Tabla I. Promedio de error de muestras de dosificación de alimento.

No. Muestra	Tiempo	Programada	Entregada	Error		
1	95.08795	5.015	5	0.29910269	Error Promedio 1 % 0.378822522	Error Promedio % 0.312689685
2	114.1435	6.02	6	0.33222591		
3	134.0143	7.068	7.1	0.45274477		
4	151.989	8.016	8.05	0.4241517		
5	171.9736	9.07	9.105	0.38588754		
1	95.08795	5.015	5.03	0.29910269	Error Promedio 2 % 0.189419264	
2	114.1435	6.02	6.015	0.08305648		
3	134.0143	7.068	7.08	0.16977929		
4	151.989	8.016	8.03	0.1746507		
5	171.9736	9.07	9.09	0.22050717		
1	95.08795	5.015	5.025	0.19940179	Error Promedio 3 % 0.369827269	
2	114.1435	6.02	6.035	0.24916944		
3	134.0143	7.068	7.04	0.39615167		
4	151.989	8.016	8.07	0.67365269		
5	171.9736	9.07	9.1	0.33076075		

Como se puede ver en la tabla I el porcentaje promedio de error es de 0.3126, lo que nos da una muy buena probabilidad de su uso confiable en el cultivo de peces, ya que dependiendo de la



especie en cultivo se permite un porcentaje de error en la cantidad de alimento entregado el cual no afecta su programa de crecimiento, este normalmente oscila entre el 2% y el 4%.

REFERENCIAS

- [1] Vázquez, Alfredo "Desarrollo de sistemas de jaulas flotantes para cultivos marinos en México". México.
- [2] Kamchamcha Huy, Kanehoe, Hi "Aquatic farm" Fisheries an aquaculture department, FAO, 00153 Ltd
- [3] http://www.akvagroup.com/doc/productsheets_ES/04-Akvasmart/ES-Akvasmart-Feed-System-AkvaMarinaCCS.pdf
- [4] Vázquez, A & Brynolfsson "La siguiente generación de jaulas flotantes en México". SAGARPA INP pp. 89-117.
- [5] <http://www.mecanique.co.uk/code-studio/>
- [6] Dogan, Ibrahim "Advanced PIC microcontroller projects in C" Edit. Newnes



PROTOTIPO PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DE SUELOS

M.I. Karla Margarita Castilla Acosta^{3,a}
M.I. Omar Eduardo Betanzos Martínez^{2,a}
Ing. Víctor Hugo Farfán Morales^{1,a}

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE COATZACOALCOS^a

Vhfm_9284@hotmail.com¹

obetanzos@hotmail.com²

kalycas@hotmail.com³

Summary

The goal of this prototype design is measure the resistivity of the ground with electric methods; from this result It is possible to determine the composition of the ground and its apparent resistivity. Introducing a pair of electrodes into the ground with a continuous electrical current or low frequency alternating current, It measures the potential difference. The prototype was made with different recycled electronic devices. This devise will show the reading and also it will pass to our software where is adapted with the necessary equations for different types of methods used. It is simple design is easy to maintain, and transport, also has the option of battery operation in case of not having power source directly.

Sumario

El diseño de este prototipo tiene como objetivo la medición de resistividad del suelo mediante métodos eléctricos, a partir de la obtención de este resultado se puede determinar la composición del suelo y su resistividad aparente. Introduciendo una corriente eléctrica continua o alterna de baja frecuencia en el terreno; mediante un par de electrodos, se mide la diferencia de potencial. El prototipo se realizó de diferentes dispositivos electrónicos reciclados. Darán lectura de potencial y pasara a nuestro software que está adaptado con las ecuaciones necesarias de los diferentes tipos de métodos a utilizar. Su diseño es sencillo de fácil mantenimiento, y transporte, también cuenta con la alternativa de funcionamiento con pilas en caso de no contar con alimentación de fuente de manera directa.

INTRODUCCION.-

Las medidas de resistividad eléctrica del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas. Su finalidad es detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo. Dentro de las aplicaciones mencionamos la salinización y la alcalinización (sodicación) de los suelos agrícolas, remediación de suelos, localización de zonas para puesta a tierra, determinación de la conductividad del suelo en el ámbito petrolero, en el área del país dedicada a la producción agrícola, históricamente se han establecido procesos de degradación de las tierras: erosión hídrica, pérdida de fertilidad del suelo y contaminación son los principales. El uso y manejo inadecuado de la tierra para la producción agrícola y de otro, la fisiografía del territorio nacional, que aunada a un intenso régimen de lluvias, favorecen el establecimiento de estos procesos de forma severa y acelerada, lo que implica un riesgo real para la productividad, la seguridad alimentaria, la generación de riquezas y hasta para la vida humana en ciertas condiciones



extremas. proyecto se realizo el diseño y la construccion de un equipo electronico para medir la resistividad del suelo, mediante el uso de configuracion Schlumberguer y Wenner .

OBJETIVO:

Desarrollo de un prototipo con materiales de desecho que nos sea útil para interpretar la medición con un dispositivo DAQ (Dispositivo de adquisición analógico) y software para el análisis de la resistividad del suelo obteniendo la representación gráficas en una curva del área medida.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Establecer un programa de medición, mediante la comparación de diferentes tipos de medición de resistividad.
- Analizar las capas resistivas de cualquier superficie para poder identificar las zonas más resistivas.
- Familiarizarse con la interpretación grafica de la resistividad.
- Identificar las curvas de resistividad del suelo de los diferentes dispositivos.
- Creación de un dispositivo a bajo costo.

JUSTIFICACION

Esta investigación servirá como alternativa de estudio que se pueda implementar en caso de no contar con equipos costosos que podamos construir con materiales básicos y desechados que sirvan de manera completamente funcional para el desarrollo de graficas de resistividad ayudándonos a resolver el problema de origen económico que es nuestra limitante para el objeto de dicho estudio. También cabe señalar que los resultados obtenidos de esta investigación son la interpretación de señales analógicas en milivoltaje y milicorriente para desplegar gráficamente las lecturas.

DESARROLLO

1.- FUNDAMENTACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer las formaciones geológicas que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, por ejemplo en sísmica por la velocidad de transmisión de las ondas de sonido o en prospección eléctrica por la resistividad.

Existen diversas técnicas geofísicas eléctricas o electromagnéticas que miden la resistividad de los materiales, o en algún caso su inverso, la conductividad. Algunas de éstas técnicas son más modernas y mucho más precisas, pero los sondeos eléctricos verticales se siguen utilizando por su robustez y su resultado de análisis.

Por lo tanto se delimitaran varias capas en el subsuelo, obteniendo sus espesores y resistividades según la etapa de interpretación, identificando el tipo de roca de acuerdo con el valor resistivo del suelo. Los valores de resistividad de una roca están determinados más que por su composición mineralógica, por el agua que contienen, fundamentalmente por la porosidad y por la salinidad del agua (más salinidad implica mayor conductividad).

Se define a los dispositivos geoelectricos como el conjunto de electrodos que inyecta una corriente en el subsuelo y registra el potencial generado en el mismo [1]. Estos dispositivos suelen disponer de cuatro electrodos, aunque también suelen emplearse los dispositivos de tres electrodos o de sólo dos. Una pareja de electrodos se denomina de corriente, y son los responsables de inyectar la electricidad en el subsuelo, y otros dos electrodos son de potencial, empleándose para medir el voltaje generado en el subsuelo por la corriente inyectada.



Cuando se efectúan las mediciones de resistividad de los terrenos y/o formaciones, es habitual que la resistividad (ρ) medida sea la de una mezcla de diversos materiales, por lo tanto se le denominará como resistividad aparente (ρ_a).

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K$$

Donde K es el factor geométrico del dispositivo.

Configuración Schlumberger. Esta configuración simétrica debe cumplir con la condición de que la distancia que separa los electrodos de corriente debe ser mayor o igual a cinco veces la distancia que existe entre los electrodos de potencial en la fig. 1 se puede observar la configuración de este método.

Su constante geométrica es:

$$K = \frac{\pi(AB^2 - MN^2)}{4MN} = \frac{\pi L^2}{a}$$

Configuración Wenner: Esta configuración simétrica mantiene los elementos equidistantes fig.1

Su constante geométrica es

$$K = 2\pi a$$

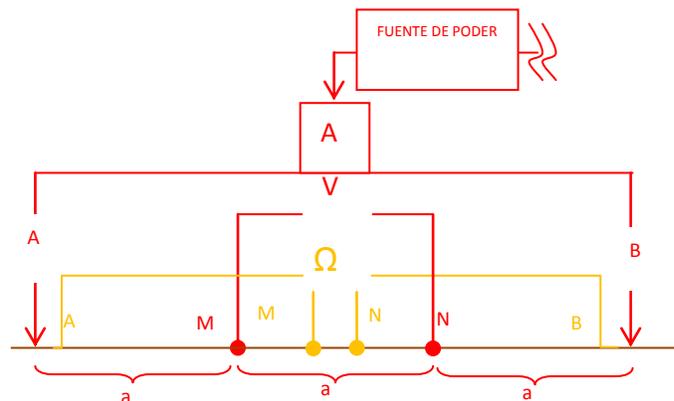


Fig. 1 Tipos de configuración.

- Configuración Schlumberger.
- Configuración Wenner

1.1 Método de Wenner o de los 4 puntos.

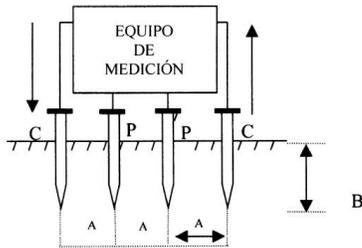
Para efectuar la medición de resistividad del suelo es necesario hacer circular una corriente por mismo, unos de los métodos más usados es el de Frank Wenner también conocido como método de los 4 puntos. Consiste básicamente en 4 electrodos enterrados dentro de la tierra a los largo de una línea recta, a igual distancia A de separación enterradas a una profundidad B. El voltaje entre



los dos electrodos interiores de potencial es medido y dividido entre la corriente que fluye a través de los otros dos electrodos externos para dar un valor de resistencia R en Ω. Ver fig. 2

Si la distancia A/B es menor de 20 se utilizara la formula (1)

Si la distancia A/B es igual o mayor que 20 se utilizar la formula (2)



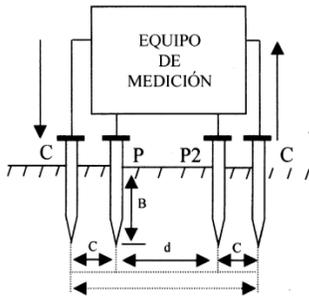
$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}} \quad (1)$$

$$\rho = 2\pi AR \quad (2)$$

Fig.2 Método Wenner

1.2 Método de Schlumberger

Se aplica para medir resistividades de distancias muy amplias, de igual forma que el método Wenner con 4 electrodos enterrados a una distancia B, con la ventaja de un menor decremento en la tensión ver fig.3. Se calcula su resistividad mediante la fórmula (3)



$$\rho = \frac{\pi c(c + d)R}{d} \quad (3)$$

Fig.3 Método Schlumberger



2. DISPOSITIVOS

2.1.- Fuente o potencial eléctrico C.C

La fuente empleada se construyó a partir de fuentes de PC de 300w a 450w ya que estas fuentes son conmutadas y un poco más estables por sus componentes además cumple con el voltaje y corriente de 12vc y 22 amperes de corriente que necesitamos.

Opcionalmente se puede utilizar baterías de cad-litio o de plomo convencionales, por su precio se optó por las fuentes de pc. Se consiguieron 3 fuentes de 200w ,350w, 400w se conectaron sus salidas en paralelo aplicando la teoría de thevenin la cual se muestra en la figura 4

Donde:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \quad \text{suma de voltajes}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{suma de Corrientes}$$

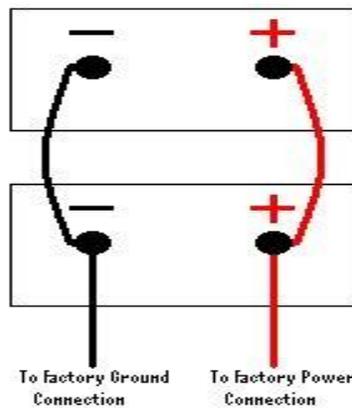


Fig. 4. Conexión en paralelo de las fuentes.

2.2 Fuente conectada en paralelo para obtener corriente necesario.

Posterior mente se hicieron los las mediciones correspondientes en voltaje y corriente que dando de la manera en que se ilustra en la figura .5



Fig. 5. Conexión de las fuentes



2.3 Electrodo

Se utilizaron 4 electrodos de cobre de 120cm de $\frac{1}{2}$ " de diámetro También 40 metros de cable unipolar calibre 16 para conectar los electrodos Como es el método Wenner indica que los electrodos extremos se le inyectan una corriente eléctrica y los de potencial son los del centro con esta completa el dispositivo para realizar la medición. Ver fig.6

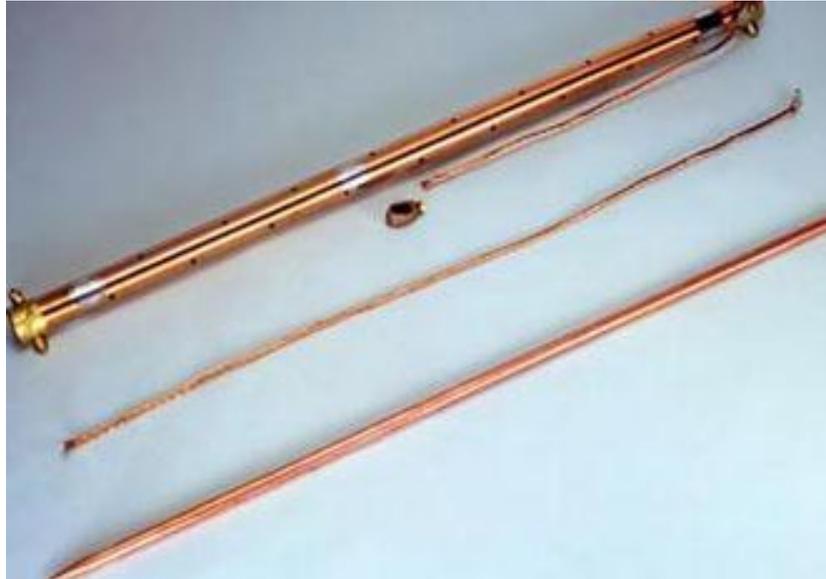


Fig. 6 Electrodo de cobre.

2.4 Microcontrolador

DAQ (PIC16f877a) Ver. Fig.7

2.4.1 Características principales del microcontrolador

- Alto rendimiento RISC CPU.
- solamente 35 instrucciones sola palabra que aprender.
- Todas las instrucciones de un solo ciclo, excepto para las sucursales de programas que son dos ciclos.
- Velocidad de trabajo: DC - 20 MHz de entrada.
DC. 200 ns ciclo de instrucción.
- Hasta 8K x 14 palabras de memoria programa Flash,
Hasta 368 x 8 bytes de memoria de datos (RAM).
Hasta 256 x 8 memoria EEPROM bytes datos.
- Compatible a la PIC16C73B/74B/76/77.
- Capacidad de interrupción (hasta 14 fuentes).
- Ocho pila hardware nivel profundo.
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Power-on reset (POR).
- Power-up Timer (PWRT) y el oscilador de puesta en marcha del temporizador (OST)
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP) 8-bits de ancho, con externa RD, WR y CS controles (40/44-pin solamente).
- Brown-out detección de circuitos para Brown-out Reset (BOR)



- Receptor universal asíncrono síncrono Transmisor (USART / SCI) con la dirección de 9-bit detección.

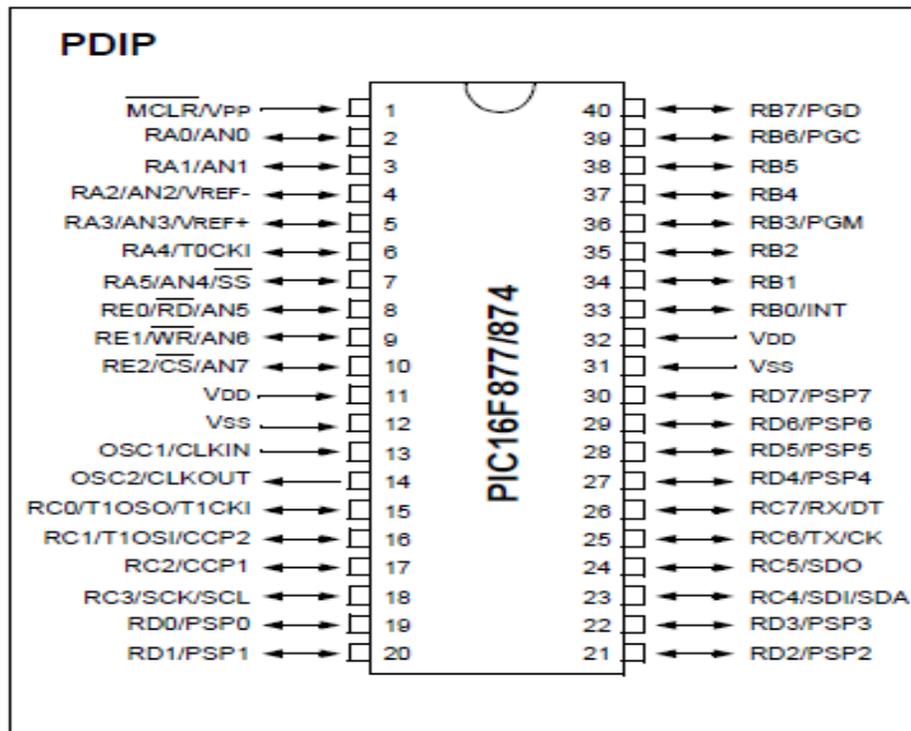


Fig.7. PIC16F877/874

Para que uno de los 13 canales pueda ser seleccionado, previamente debe haber sido configurado como entrada analógica mediante los bits PCFG3.PCFG0 del registro ADCON1 (A: analógico / D: digital). Una vez configurado como línea de entrada analógica, un canal puede ser seleccionado mediante los bits CHS3.CHS0 del registro ADCON0. Configuración de la división de tensión analógica para posteriormente convertirla a digital por medio de un código programado en el pic como se ilustra en la figura 8.

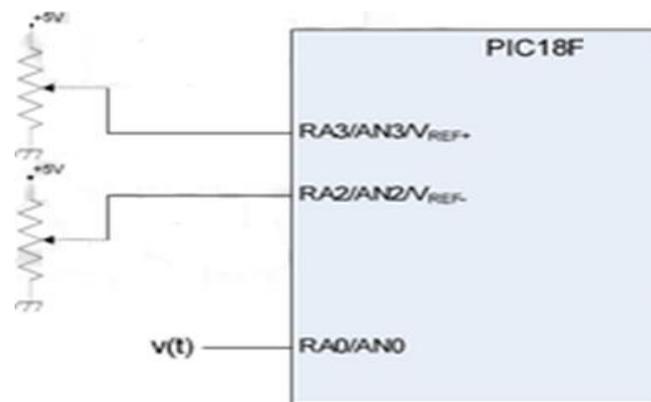


Fig. 7. Obtención de señal analógica a digital.

2.4.2. RANGO DE OPERACIÓN

Por defecto el rango de tensiones de conversión del convertidor A/D del PIC18F4550 es de 0V a 5V. Sin embargo, en ocasiones puede resultar interesante modificar este rango para aumentar la resolución de la conversión acercando las tensiones de referencia máxima y mínima V_{REF+} y V_{REF-} a los límites de variación de la señal que se desea digitalizar. Ver fig. 8.

Esto se puede conseguir configurando las líneas RA2/AN2/ V_{REF-} y RA3/AN3/ V_{REF+} como tensiones de referencia del convertidor A/D (Poniendo a '1' los bits VCFG1 y VCFG0 del registro ADCON1). De esta forma el rango de tensiones de conversión vendrá determinado por las tensiones que se conecten en dichas líneas.

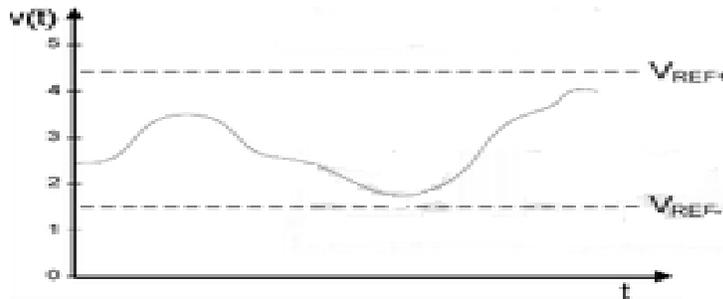


Fig. 8. Conversión de las tensiones.

Se procedió a realizar un diseño del circuito mediante un software de modelados electrónicos (proteos 7) como se muestra en la figura 9, con el cual se pudo simular previamente, creando una interface virtual e utilizando puertos seriales mediante el software. En la simulación se utilizaron valores analógicos arbitrarios de voltajes para la transferencia de valores para la pc/laptop.

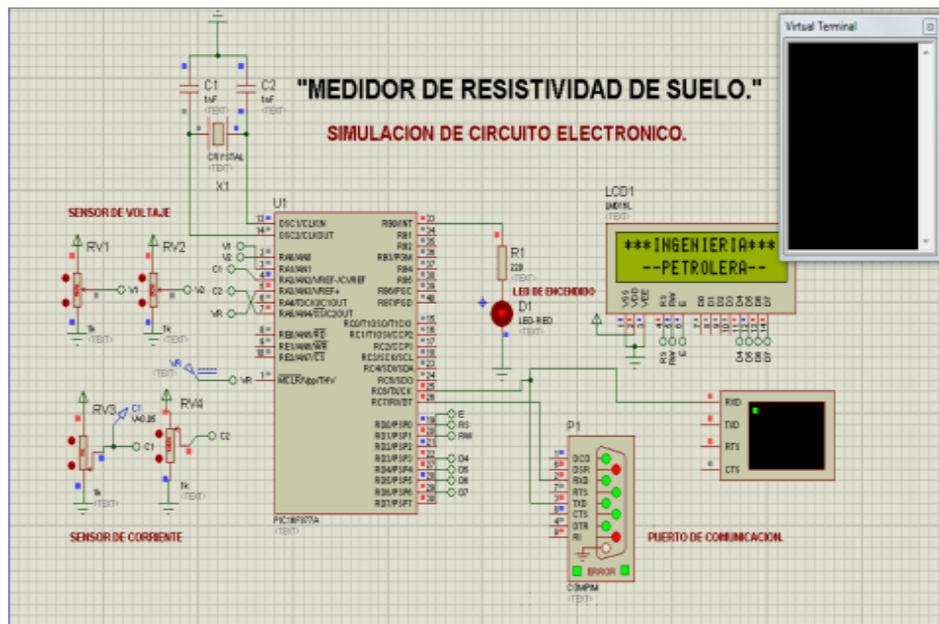


Fig. 9. Diseño del circuito e interface.



En la interface se utilizó un convertidor serial a USB para poder configurarse a cualquier computadora y por su compactibilidad. Ver fig. 10

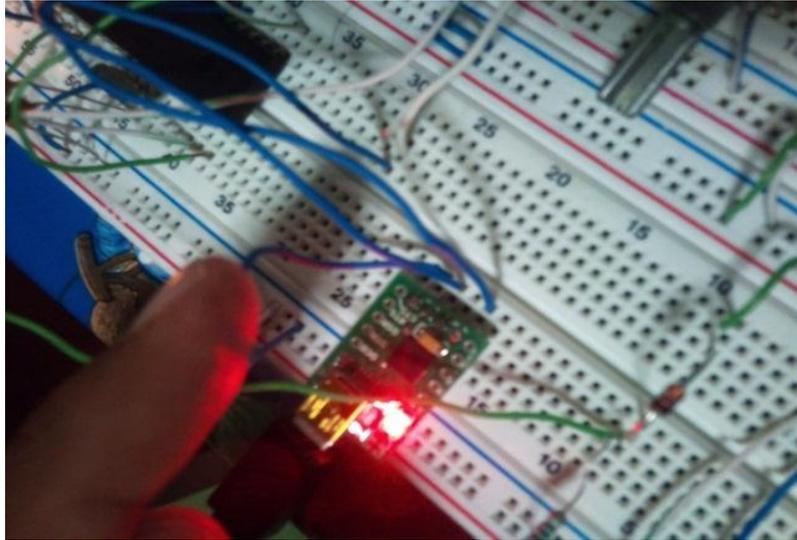


Fig. 10. Convertidor serial a USB

Utilizando el convertidor serial a USB y una hipertermal se consigue las cadenas de caracteres digitales del dispositivo. Para posteriormente procesar la información del dispositivo. Ver fig.11

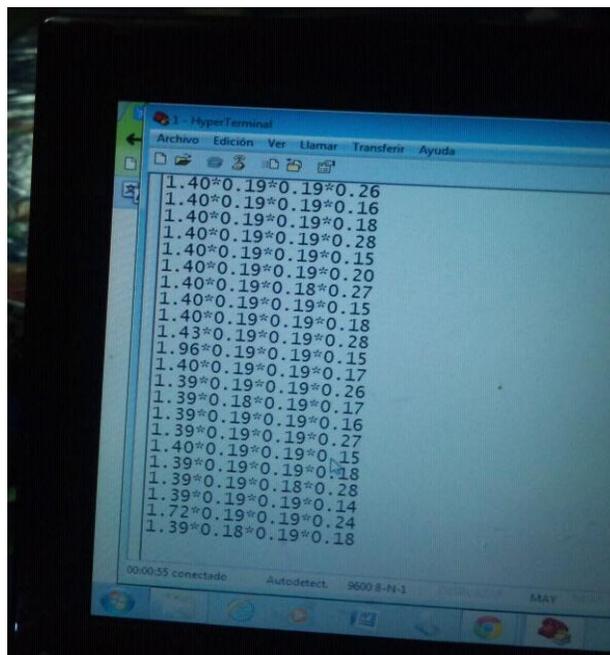


Fig.11. Visualización de caracteres del DAQ



Para el diseño del software, se programó en Visual Basic .net con Labview utilizando los métodos geoelectricos como lo mencionamos anteriormente. Los datos que se reciben del prototipo al software son en tiempo real y estos se grafican al instante. Como se muestra en la figura 12.

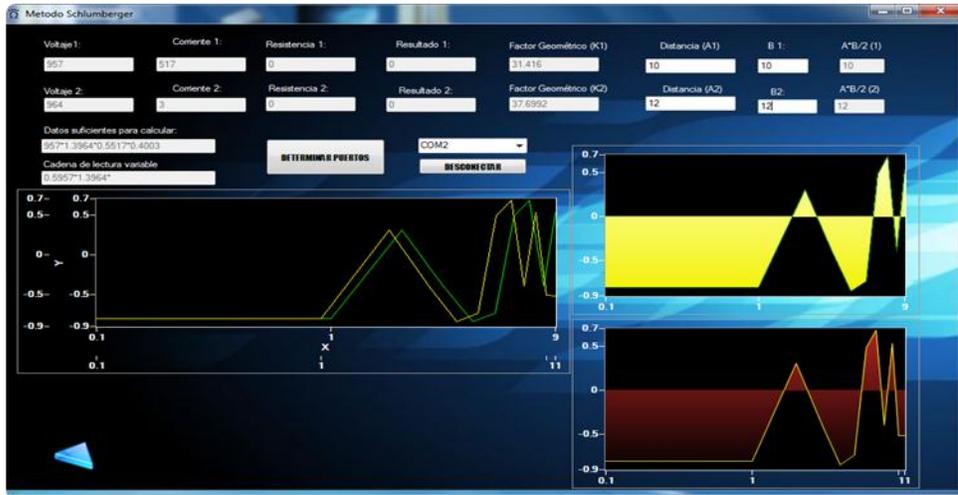
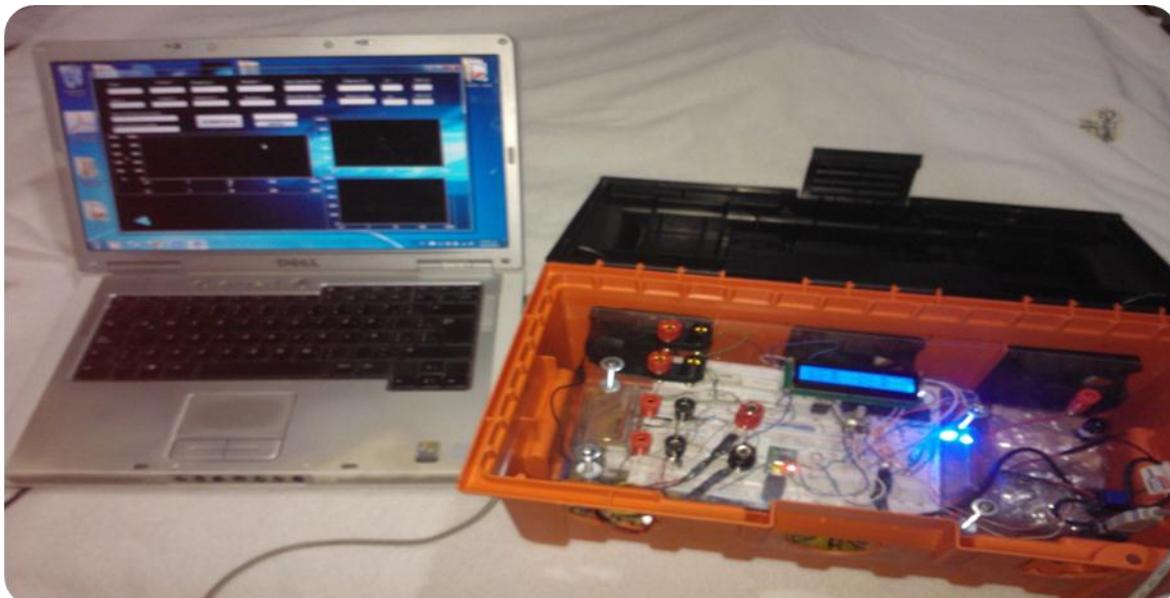


Fig. 12. Aplicación del proyecto

3.- RESULTADOS

3.1 Prototipo Final.- El prototipo mide la resistividad de los suelos, mediante la inyección de una





corriente la cual es transformada a en forma digital. Una vez obtenida se procesa en el software

para su graficación e interpretación de los resultados. Ver fig. 13

Fig. 13 Prototipo medidor de resistividad de suelos.

3.- Conclusión

Se concluye que el desarrollo de este prototipo alcanza los objetivos planteados para la medición de la resistividad del suelo, mediante la aplicación de los métodos eléctricos y prospecciones eléctricas. Dando como resultado la obtención de variables que nos indica de forma cuantitativa la composición y situación de los suelos y subsuelos del área a investigar, tales como humedad, salinidad, pH, minerales, en otros con su aplicación en el campo agropecuario para determinación de su alcalinidad así como la determinación de la resistividad de suelo en la industria de hidrocarburos, entre otros. Este dispositivo es único en su clase. La electrónica brinda soluciones en diferentes disciplinas por la diversidad de sus aplicaciones y alcances..

REFERENCIAS.-

- [1] ORELLANA, E (1982) Prospección geoelectrica en una corriente continua. Editorial Paraninfo Madrid, España.
- [2] SANCHEZ, F Prospección Geofísica: Sondeos Eléctricos Verticales. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca.
- [3]ASTIER, J.L (1971) Geophysique Appliquee a Hydrogeologic,Masso 273pp (Traducción español Ed. Paraninfo)
- [4] ORELLANA E y H.M. MOONEY (1966) Tablas y curvas patrón para Sondeos Eléctricos Verticales sobre terrenos estratificados, Interciencia, Madrid.
- [5] SANCHEZ F.J., MA DE ANDRES y TARDAGUILA (1987) Prospección hidrogeológica en rocas ígneas y metamórficas mediante Sondeos Eléctricos Verticales. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, XL 557-566
- [6] Manual TTL Motorola Co, 2003 /ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf
- [7] BOYLESTAD, R.L Teoría de circuitos eléctricos .Editorial Prentice Hall 8va, Edición.
- [8] HDZ SAMPIERI Roberto, 2005 Metodología de la investigación. Ed.Mc Graw Hill Pág. 10-25, 30-40.



SISTEMA DE CONTROL COMO APOYO PARA MINUSVALIDOS

José Alfredo Estrada Soto, Marisol Esquivel Santos
Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco
Departamento de Electrónica
Av. San Pablo 180 Col Reynosa C. P. 02200, Delegación Azcapotzalco
México, D. F.
jestrada@correo.azc.uam.mx, emasshaa@hotmail.com

RESUMEN

El avance continuo de la tecnología en sus diferentes facetas, hace posible que actualmente una persona con discapacidad física pueda emplear una serie de dispositivos electrónicos sin que esto le demande esfuerzo físico alguno. Anteriormente se podía contar con diferentes controles remotos para diversos usos. En años recientes, las llamadas tabletas electrónicas han tomado tal importancia en la sociedad que su uso, vía aplicaciones, se ha extendido a todo tipo de persona. Este trabajo hace uso de la computación y un conjunto de dispositivos digitales y eléctricos para generar un sistema de control con la finalidad de brindar una mejor calidad de vida a un minusválido sin que este tenga que desplazarse hasta el lugar de interés.

ABSTRACT

The continuous advancement of technology, in its different facets, currently allows that a person with physical disabilities can use a range of electronic devices without this will demand any physical effort. Previously people could have different remote controls for different applications. In recent years, so-called tablets have taken such importance in society that its use, via applications, has been extended to all kind of people. This work uses the computation and a set of digital and electronic devices to generate a control system in order to provide a better quality of life to a handicapped, via performing some common tasks without the user having to travel to the place of interest.

1 INTRODUCCIÓN

Los términos minusvalía y discapacidad se emplean de manera indistinta [1]. El término minusvalía - proviene de minus (menos) y valía - que significa el detrimento o disminución del valor que sufre una cosa. El término discapacidad, es menos ambiguo y con menos connotaciones sociales negativas que el de minusvalía. El vocablo guarda una estrecha relación con el término capacidad, lo que supone una cualidad del sujeto para ser capaz de realizar ciertas cosas. Discapacidad supone no estar capacitado para el desempeño de ciertas funciones. Discapacidad tiene su origen en un hecho concreto que supone no poder realizar determinadas funciones, pero no hay una disminución en la valía, en el valor, del sujeto afectado.

Cualquier persona normal está capacitada para el desempeño de ciertas funciones y, sin embargo, puede no estarlo para el desempeño de otras; más aún cuando debido a algún accidente, o bien, simplemente al desgaste propio del paso del tiempo se llega a sufrir algún tipo de discapacidad motriz, que contempla discapacidades tales como caminar, manipular objetos y de coordinación de movimientos para realizar actividades de la vida cotidiana, disminuyendo en gran medida su habilidad para realizar por completo sus actividades laborales o dentro de su propio hogar. De esta manera, las personas pueden llegar a estar supeditadas a terceros y presentar problemas de adaptación social.



Diversas disciplinas han enfocado sus esfuerzos para proponer algunas soluciones que hagan más llevadera la vida de una persona con este tipo de discapacidad. Algunos de tales esfuerzos han conjugado la electrónica con la computación para crear prototipos con base en las tecnologías existentes. [2]. Sin embargo, algunas de estas soluciones están fuera del alcance de cierto nivel socioeconómico.

Así, siguiendo esta tendencia y aprovechando que las tabletas electrónicas van bajando sus costos, el objetivo del trabajo que se presenta, es mostrar el diseño y la construcción de un sistema de control, de bajo costo, para manipular algunos objetos de uso cotidiano mediante sistemas digitales, dispositivos electrónicos, eléctricos y herramientas propias de la computación móvil.

2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema de control que se presenta, apoya al minusválido (en adelante usuario) en la ejecución de algunas actividades comunes sin que le demande a este un gasto de energía innecesario. En particular, el sistema está conformado por los elementos hardware y software como se muestran en la figura 1.



Figura 1. Arquitectura del sistema

2.1 Interfaz hombre-máquina

Por un lado, la interfaz hombre-máquina (IHM) oculta al usuario la complejidad del hardware y, por otro lado, administra una parte de los recursos hardware-software del sistema. Esta interfaz está con base en una tableta electrónica (tablet) Samsung tab 2 con sistema operativo Android 4.0.3. — es posible emplear también un smartphone con Android—. La tablet integra una variedad de características entre las cuales está la de crear servicios para ser solicitados por procesos cliente que residan en otros dispositivos.

2.1.1 Elementos de la IHM

La IHM es un conjunto de pantallas que contempla la opción ajustes (configuración) de la tablet y un plano que muestra los dispositivos a controlar y su ubicación. La figura 2 muestra una de tales pantallas.

En la parte superior de la pantalla, y de izquierda a derecha, se tienen las opciones: ajuste, puertas, alarma y lámparas. En la parte central se puede observar un plano del lugar y el número de lámparas con los que cuenta sección. En la parte inferior se encuentran los botones para



manipular las lámparas de acuerdo al sitio que el usuario elija. Por ejemplo, si quiere encender o apagar la lámpara de la cocina, solo tiene que presionar el botón “cocina”.



Figura 2. Ejemplo de una pantalla del IMH.

2.1.2 Operación

La IHM esta conformada por cinco opciones principales: ajustes, puertas, alarma y lámparas.

- La opción ajuste permite el enlace vía bluetooth entre la tablet y el sistema digital; el usuario únicamente tiene que seleccionar la opción “activar bluetooth”. Es importante recalcar que antes de enlazarse por primera vez, es importante que “emparejar” el bluetooth de la tablet con el del sistema digital.
- La opción puertas muestra en el plano la ubicación de la(s) puerta(s) contempladas para ser manipuladas. En particular, en este trabajo solo se considera la apertura de la puerta principal, el cerrado de puerta es responsabilidad de quien entra.
- La opción alarma únicamente activa una alarma por un tiempo determinado. Este tiempo es establecido en el sistema digital.
- La opción lámparas despliega una nueva pantalla con el plano del lugar, las lámparas que existen en cada sección y los botones que van a encender/apagar tales lámparas. La lógica empleada para el funcionamiento de encendido apagado es el siguiente: si la lámpara está apagada y se presiona el botón que lo manipula, la lámpara se enciende. Si la lámpara está encendida y se presiona el botón, la lámpara se apaga. Esta lógica esta implementa en el sistema digital.

Las aplicaciones para la tablet se desarrollan bajo Eclipse EE IDE for Developers en conjunto con el Android SDK [3]. El desarrollo de una aplicación para Android consta de una serie de secciones entre las cuales están: el código fuente (extensión .java), el archivo Manifiesto (AndroidManifest.xml) y la interfaz gráfica para el usuario de la aplicación (main.xml). El diseño de las pantallas contempla la orientación de la tablet: horizontal y vertical. La parte operativa esta escrita en el archivo fuente, y los dispositivos a emplear están declarados en el archivo manifiesto.



2.2 El sistema digital

El sistema digital se encarga de procesar y ejecutar cada una de las peticiones del usuario. El núcleo básico está con base en un FPGA; en particular, se emplea una tarjeta basys 2. Los datos emitidos por IHM son caracteres: una vez que el IHM recibe la petición del usuario, esta es relacionada con un carácter previamente destinado para tal petición y es enviada al sistema digital.

El sistema digital cuenta con una tabla que relaciona caracteres con puertos de salida; así, una vez que recibe de la IHM algún carácter, lo ubica en la tabla y envía un '1' lógico al puerto de salida que le corresponda. En caso de que tal carácter no esté registrado en la tabla, lo ignora. Debido a que los dispositivos a controlar (lámparas, cerrojo eléctrico y alarma) requieren de un voltaje y corriente fuera de aquellos propios de los sistemas digitales, se construyen etapas de potencia. Para ello, por cada puerto de salida se emplea un relevador electrónico miniatura de 1 polo, 2 tiros (SPDT) y bobinas de 5 Vcc que controla el encendido y apagado (activación/desactivación) de los recursos anteriormente mencionados. Ya que la señal proveniente del sistema digital es un tanto débil como para activar el relevador, se utiliza un transistor de propósito general (2n2222) como interruptor. De esta manera, las señales se envían de manera directa sin la necesidad de emplear un buffer y un inversor, como tradicionalmente se hace.

El desarrollo del software para el FPGA se realiza con VHDL empleando la suite de diseño Xilinx ISE 13.3 [4].

2.2 Transferencia de información

La transferencia de información es a través de bluetooth. Para el FPGA se emplea un bluetooth RN-42 conectado al PMOD JA. De esta manera, la interacción entre el FPGA y este dispositivo es serial con la siguiente configuración: 9600 bps, 1 bit de parada y sin paridad. El programa es escrito con VHDL. En el otro extremo, la tablet cuenta con un bluetooth cuya manipulación se da desde el programa fuente escrito para ello.

La interacción del bluetooth del sistema digital con el bluetooth de la tablet es con base en modelo cliente-servidor vía sockets [5] tipo flujo, donde el bluetooth del sistema digital funge como servidor que recibe las peticiones y el FPGA las procesa. La figura 3 muestra estos elementos.

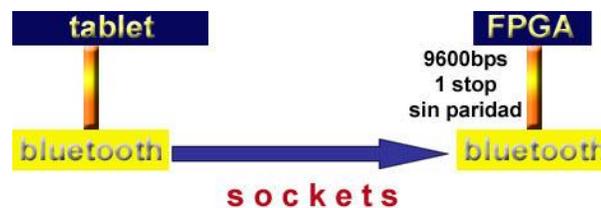


Figura 3. Interacción cliente-servidor

Se emplean los sockets como mecanismo de comunicación y el perfil de sustitución de cable RFCOMM (Radio Frequency Communication) para los bluetooth. En el caso de la tablet, la plataforma Android incluye soporte para la pila de red de Bluetooth que proporciona acceso a funcionalidades del Bluetooth a través de la APIs de Android para 'Bluetooth. La información sobre



las clases e interfaces necesarias para crear conexiones Bluetooth pueden ser consultadas en [6] y la manera de realizar la conexión en [7].

Ya que Android está con base en un núcleo Linux, el adaptador de Bluetooth del tablet es tratado como archivo. Así, primero se obtiene un descriptor para tal adaptador y después se crea el socket que permita la conexión con el dispositivo remoto a través del Serial Port Profile (empleando el método `createRfComSocketToServiceRecord`). Una vez que se tiene el socket, solo se ejecuta la llamada al sistema `connect`. A partir de ello el intercambio de información se lleva a cabo mediante las llamadas de tipo `InputStream` y `OutputStream` —para recepción y envío respectivamente—.

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

De acuerdo a la tendencia de las apps para dispositivos móviles, las pruebas realizadas contemplan elementos tales como la ergonomía y la facilidad de uso. En cuanto a la parte de ingeniería, se considera el alcance de la señal, la complejidad de adaptación del sistema a un determinado sitio y el costo beneficio. Se hace uso de los bancos de pruebas, maquetas y sitios previamente construidos en [2] y [7]. Así, se emplean 2 lámparas, una alarma y dos chapas. La aplicación para la tablet se ubica en un servidor de pruebas de dónde los usuarios pueden descargarla. Algunas variantes consideradas para los usuarios son: discapacidad en piernas, discapacidad en un brazo, edad, experiencia en el manejo de dispositivos móviles, entre otros. Por sí mismos, los usuarios ejecutan la aplicación y experimentan con las diversas opciones. A diferencia de los resultados obtenidos en [7], la aplicación respondió adecuadamente tanto en la parte del control de los dispositivos como en la comunicación entre los bluetooth.

4 CONCLUSIONES

El empleo de la tecnología actual en el apoyo a personas con discapacidad, tiene una importancia significativa en cualquier sociedad. Algunas características de los dispositivos móviles tales como: el costo relativamente bajo, el sistema operativo y las plataformas de desarrollo abiertas a la creación e implantación de nuevas aplicaciones; aunadas a los pequeños pero poderosos sistemas digitales actuales, permiten que la creatividad de los ingenieros pueda ser aplicada y hecha realidad. De acuerdo a los resultados obtenidos, el sistema que se presenta muestra buena respuesta las pruebas realizadas y el uso de un FPGA es una buena aportación al sector interesado en este tipo de dispositivos. Sin embargo, el costo beneficio puede mejorarse. Esto es, las capacidades requeridas del FPGA para este trabajo son mínimas y podrían ser realizadas por sistemas con base en microcontroladores, lo cual reduce el costo. Para mejorar esta relación es necesario explotar al máximo las capacidades del FPGA.



REFERENCIAS

[1] DEFINICIÓN DE MINUSVÁLIDO:

Disponible en: <http://www.ttm-espana.com/view.php?page=minusvalido&lang=es>
[Consultado en: Noviembre 17, 2012]

[2] Estrada JA, Medina A. On-off control for those people with lower extremity disability. Proceedings of the 1st International Congress on Instrumentation and Applied Sciences. Cancún, QR. México. October 26-29, 2010.

[3] PLATAFORMA DE DESARROLLO para Android:

Disponible en: <http://developers.android.com> [Consultado en: Noviembre 28, 2011]

[4] PLATAFORMA DE DESARROLLO XILINX ISE E INFORMACIÓN SOBRE TARJETAS FPGA:

Disponible en: <http://www.digilentinc.com> [Consultado en: Agosto 10, 2011]

[5] Márquez F. *Unix Programación Avanzada*. 3^a Edición. (Alfa-Omega, México), 598, (2006).

[6] Bluetooth Especial Interest Group:

Disponible en: <http://www.bluetooth.org/apps/content> [Consultado en: Novembe 15, 2011]

[7] Estrada JA, García MA. *Una aplicación para teléfonos inteligentes*. Memorias del XII Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Mayab. Mérida, Yucatán. Abril 23-27, 2012.



SISTEMA DIDÁCTICO PARA EL DISEÑO DE COMPENSADORES UTILIZANDO LABVIEW

Juan José Martínez Nolasco, Elías José Juan Rodríguez Segura, Francisco Gutiérrez Vera,
Agustín Vidal Lesso, Rubén Espinoza Castro

Instituto Tecnológico de Celaya
juan.martinez@itcelaya.edu.mx

En el presente trabajo se describe un sistema para el diseño de compensadores implementado en un instrumento virtual (IV). Los compensadores que se utilizan son compensadores en cascada, para su diseño se emplea una técnica de control clásico llamada “Lugar Geométrico de las Raíces” (LGDR).

El IV se realizó en LabVIEW utilizando un lenguaje de programación gráfico, este software ofrece la ventaja de que puede realizar cálculos de manera concurrente. El IV cuenta con un sistema RC de segundo orden donde se eligen los valores de las resistencias y capacitancias, obteniendo del sistema RC la función de transferencia en lazo abierto que se utilizará como proceso. En el instrumento virtual se puede analizar gráficamente el comportamiento del sistema en lazo abierto ante diferentes entradas de posición.

El proceso se puede compensar utilizando sistemas de control Proporcional, Proporcional - Integral, Proporcional - Derivativo, Proporcional - Integral - Derivativo, compensador en atraso, compensador en adelante y compensador en atraso - adelante.

Todos los resultados obtenidos en cada una de las compensaciones se pueden analizar gráficamente en simulación y en línea, además de observar los nuevos LGDR (Lugar geométrico de la raíz) de los sistemas compensados.

1. Introducción

En el diseño de sistemas de control se tienen que contemplar tres características importantes: la estabilidad del sistema, la respuesta en estado estable y la respuesta transitoria. La estabilidad y la respuesta transitoria del sistema las determina la ubicación de los polos en lazo cerrado del sistema, modificando la ubicación de los polos en lazo cerrado se pueden modificar características importantes de la respuesta del sistema como sobrepaso máximo, el tiempo de asentamiento y el tiempo pico. Una poderosa herramienta de diseño de sistemas de control que contempla la ubicación de los polos en lazo cerrado de un sistema es el Lugar Geométrico de las Raíces. Utilizando esta herramienta se pueden realizar diseños de sistemas de control clásico realizando una metodología de diseño sencilla.

Dentro del software Matlab existe una herramienta llamada SISOTOOL, la cual nos permite obtener de una función de transferencia previamente programada, el lugar geométrico de las raíces, el diagrama de bode en magnitud y frecuencia, el valor de la ganancia del sistema compensado y sin compensar el cual nos permite obtener el diseño de un compensador colocando características de la respuesta natural de oscilación y el sobrepaso. Con esta herramienta también se puede conocer el comportamiento del sistema modificando los valores de polos y ceros del compensador. En la figura 1 se ilustra la plataforma de trabajo de esta herramienta.

Hasta el momento Matlab no tiene una herramienta que además de realizar el diseño del compensador sea capaz de probarlo en línea implementando su modelo discreto.

El software para realizar instrumentos virtuales LabVIEW, en la actualidad está siendo utilizado para la instrumentación y control de diversos dispositivos por su gran flexibilidad para capturar,



analizar y adquirir datos. En las referencias [1 - 6] se muestran algunas de las múltiples aplicaciones que se están desarrollando con el uso de este software.

El método del lugar geométrico de las raíces en la actualidad se utiliza para obtener el comportamiento y el control de diversos sistemas, en las referencias [7 - 13] se muestran algunos dispositivos que utilizan esta herramienta para elaborar el diseño de compensadores.

Lo que se propone en este artículo es integrar el software de LabView con una herramienta para el diseño de sistemas de control clásico como es el lugar geométrico de las raíces para el diseño de compensadores de sistemas didácticos y probar estos diseños en línea con una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments.

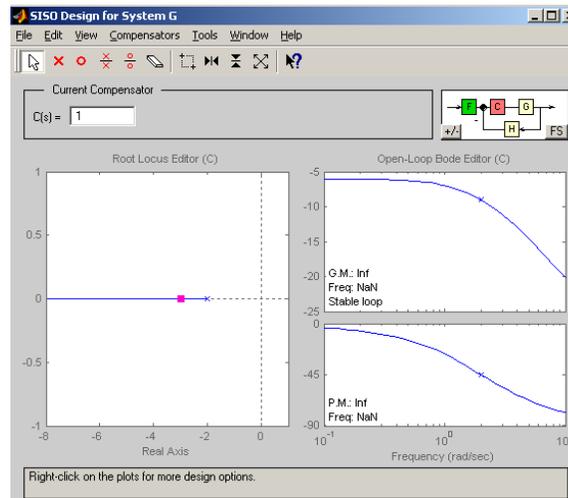


Figura 1.- SISOTOOL.

El lugar geométrico de las raíces muestra gráficamente información tanto de la respuesta transitoria como de la estabilidad de un sistema de control en lazo cerrado (ver figura 2) y nos permite determinar la ganancia de lazo adecuada para satisfacer una especificación de respuesta transitoria, sin embargo, está limitado a las respuestas que existen a lo largo del lugar geométrico.

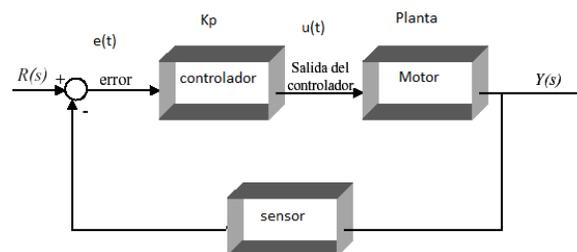


Figura 2.- Sistema de control proporcional.

Una opción para obtener respuestas de un sistema diferente a las que existen en el LGDR es modificar el sistema, desafortunadamente esta operación es costosa y contraproducente, dado que el sistema oscila o se vuelve inestable. Otra alternativa es aumentar el sistema o compensarlo como se muestra en la figura 3, de modo que el sistema compensado con polos y ceros adicionales tenga un LGDR que pase por el lugar deseado de los polos dominantes en lazo cerrado para algún valor de la ganancia.

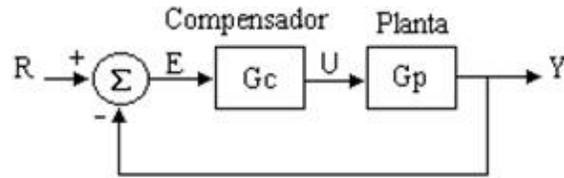


Figura 3.- Sistema compensado.

No sólo se usan técnicas de compensación para mejorar la respuesta transitoria de un sistema, también se emplean independientemente para mejorar las características en estado estable. Los compensadores más utilizados son: PI, atraso, PD, adelanto, PID y atraso – adelanto. Para revisar la metodología de diseño ver referencia [14].

2. Desarrollo

En la figura 4 se muestra un diagrama de flujo que ilustra el comportamiento del instrumento virtual para el diseño, simulación y aplicaciones de los compensadores.

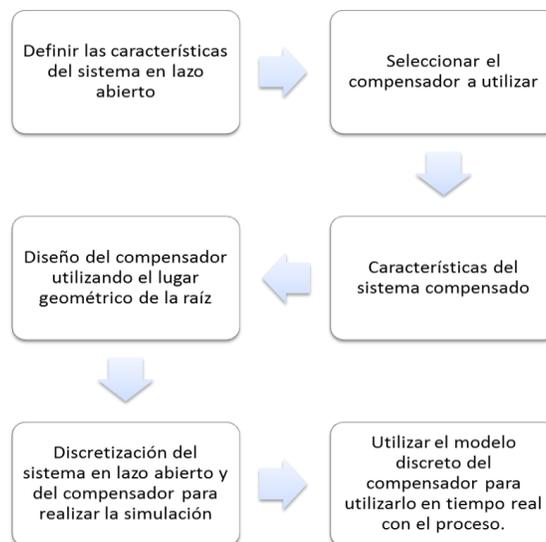


Figura 4.- Funcionamiento del Instrumento Virtual.

3. Resultados

3.1 Primer caso de estudio

El IV para diseño, simulación e implementación en tiempo real necesita como primer dato la función de transferencia del proceso a controlar. Como este IV tiene un enfoque educativo se decidió utilizar como proceso a controlar un sistema eléctrico RC de segundo orden que se ilustra en la figura 5, aunque esto no restringe su potencial, puesto que funciona para cualquier sistema que cumpla con las características del control clásico.

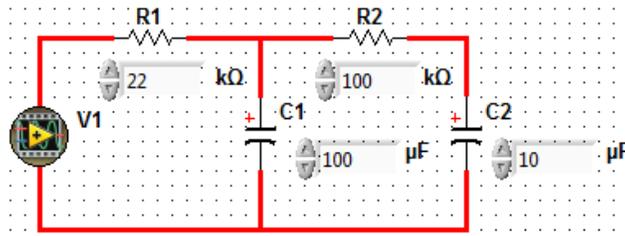


Figura 5.- Sistema eléctrico RC de segundo orden.

Al colocar los parámetros del sistema, el IV obtiene su función de transferencia como se ilustra en la ecuación 1.

$$G(s) = \frac{1}{2.2s^2 + 3.42s + 1} \quad (1)$$

En la figura 6 se muestra el comportamiento que tiene el modelo del IV contra el comportamiento del modelo real, se aprecia que no existe gran diferencia entre la simulación (línea blanca) y la señal real (línea verde). Para capturar las señales en tiempo real se utiliza la tarjeta de adquisición de datos de National Instruments NI 6009.

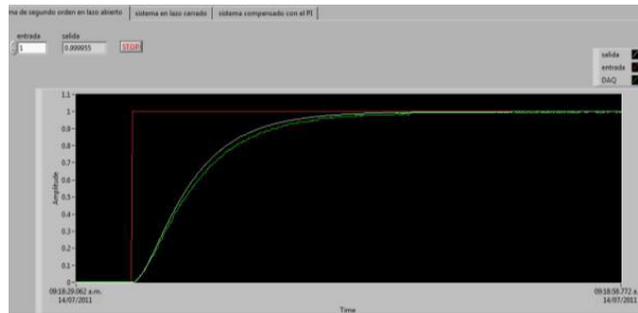


Figura 6.- Sistema en lazo abierto.

En la figura 7 se muestra el comportamiento del sistema al aplicarle un controlador automático con una acción de control de proporcional con una ganancia de 5.

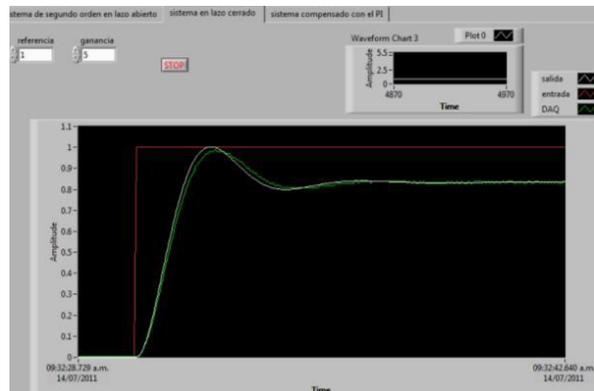


Figura 7.- Sistema de control proporcional.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Para el diseño del compensador PI el IV lo único que requiere es la ubicación del cero del compensador, para este caso de estudio el cero se coloca en 0.01. En la figura 8 y 9 se muestra el comportamiento del sistema compensado. La línea roja es la señal de referencia, la línea verde es el sistema sin compensar (sistema con acción de control proporcional con ganancia de 5) y la línea azul es el sistema en tiempo real compensado. En la figura 8 se aprecia como la respuesta transitoria del sistema no sufrió grandes modificaciones pero con el paso del tiempo el error en estado estable comienza a disminuir hasta ser nulo como se muestra en la figura 9.

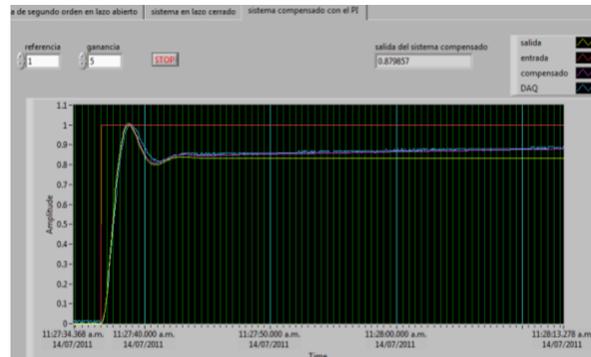


Figura 8.- Respuesta transitoria compensador PI.

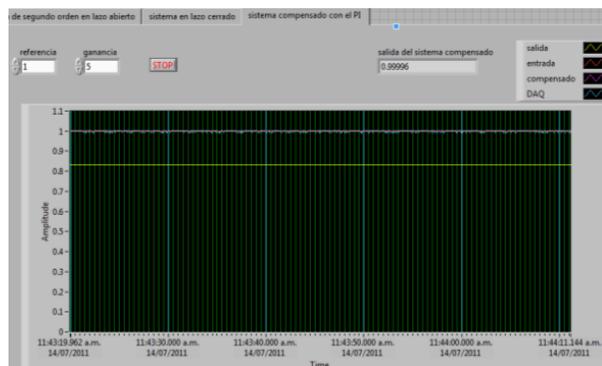


Figura 9.- Respuesta estable compensador PI.

En el diseño del compensador en atraso el IV requiere del factor de reducción del error en estado estable y seleccionar la ubicación del polo del compensador. El factor de reducción para este diseño es de 20 y la ubicación del polo 0.01. En la figura 10 y 11 se muestra el comportamiento del sistema compensado y se compara con el sistema sin compensar. La línea roja representa la señal de referencia, la línea verde es el sistema sin compensar y la línea azul es el sistema compensado en tiempo real.



Figura 10.- Respuesta transitoria compensador atraso.

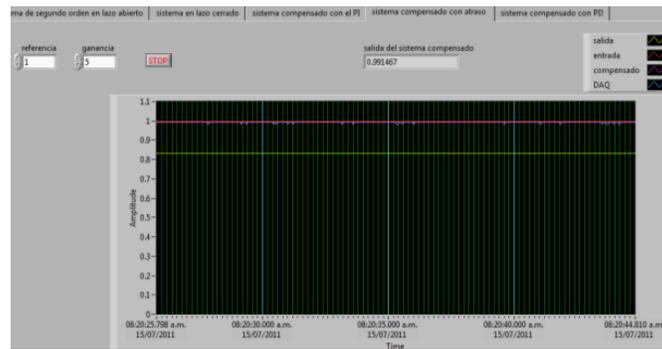


Figura 11.- Respuesta estable compensador atraso.

En el compensador PD se realiza un diseño para obtener un sobrepaso máximo del 15% y una reducción en el tiempo de asentamiento en 1/3. En la figura 12 se muestra el comportamiento del diseño del compensador, la línea roja es la señal de referencia, la línea verde es la respuesta del sistema sin compensar, la línea rosa el sistema compensado en simulación y la línea azul el sistema compensado en tiempo real.

Si se analiza la respuesta del sistema compensado en simulación se observa que el diseño del compensador es correcto pero al utilizarlo en tiempo real se tienen variaciones, ya que la señal de salida de la DAQ maneja voltajes entre 0 y 5 Volts y la señal de control necesita moverse en un rango de +10 y -5 Volts, esto limita la velocidad de respuesta del sistema.

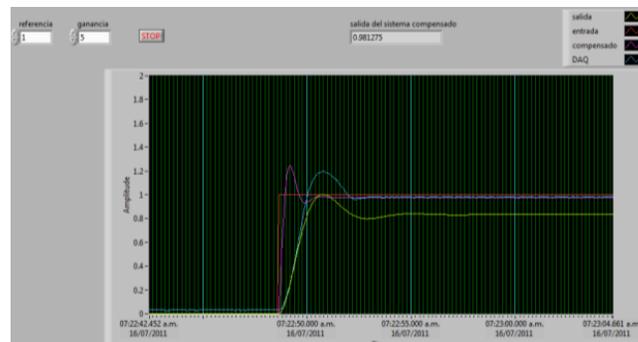


Figura 12.- Respuesta compensador PD.



Para el diseño del compensador en adelante se desea obtener un sobrepaso máximo del 15% y una reducción en el tiempo de asentamiento en 1/3. En la figura 13 se muestra el comportamiento del sistema compensado simulado y en tiempo real contrastándolos con el sistema sin compensar, en este caso sucede lo mismo que en el compensador PD.

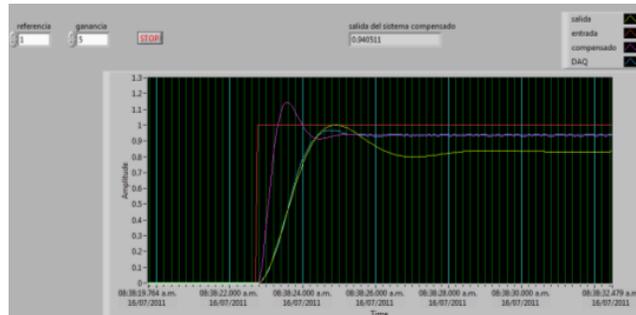


Figura 13.- Respuesta compensador adelante.

Los compensadores descritos anteriormente se pueden combinar y, con esta combinación se puede mejorar la respuesta transitoria y la respuesta en estado estable.

3.2. Segundo caso de estudio

Para demostrar el correcto funcionamiento del IV se utilizó el sistema que se muestra en la figura 14.

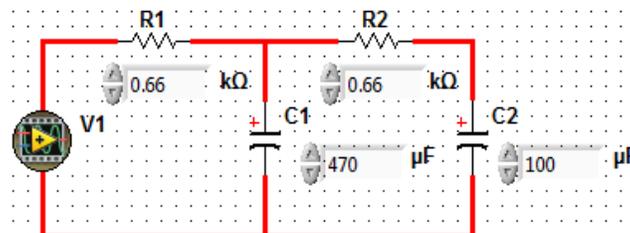


Figura 14.- Sistema eléctrico RC de segundo orden.

Se prueban los sistemas en lazo abierto para analizar el sistema en simulación y el sistema en tiempo real. El funcionamiento se muestra en la figura 15.

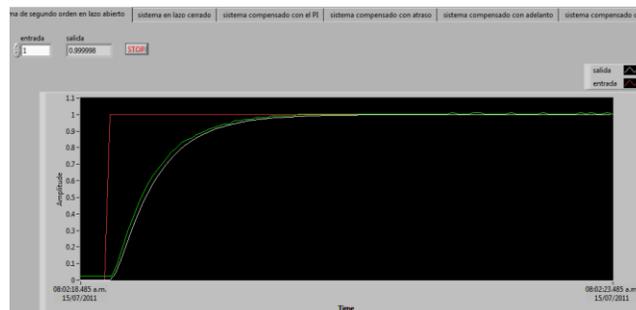


Figura 15.- Sistema en lazo abierto.



Al aplicar un control proporcional con una ganancia de 4 se obtiene el comportamiento que se muestra en la figura 16.

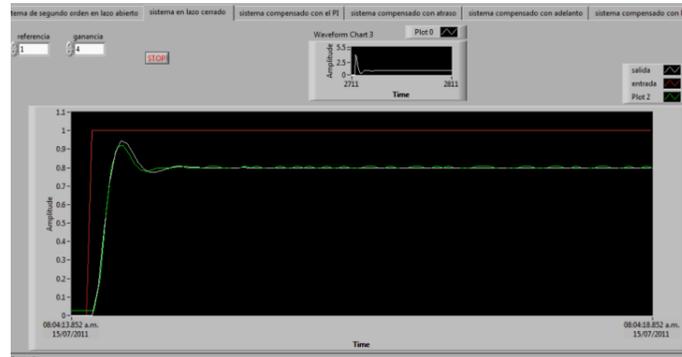


Figura 16.- Control proporcional.

El compensador en atraso se diseñó para una reducción del error en estado estable de 10 y la ubicación del polo en 0.01. En la figura 17 y 18 se puede observar el comportamiento del sistema compensado y sin compensar. La respuesta en el estado transitorio es casi igual, pero el error en estado estable disminuye de manera considerable.



Figura 17.- Respuesta transitoria compensador atraso.



Figura 18.- Respuesta estable compensador atraso.



El compensador en adelanto se diseñó para reducir el tiempo de asentamiento a la mitad. Se puede apreciar en la gráfica la señal compensada en color verde, esta gráfica se estabiliza mucho más rápido pero aumenta el error de manera significativa. La respuesta se ilustra en la figura 19.

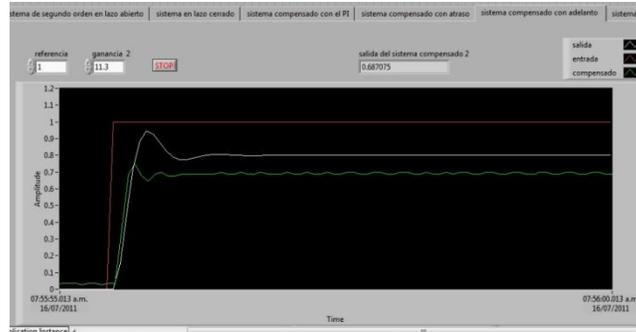


Figura 19.- Respuesta compensador adelanto.

4. Conclusiones

El uso de compensadores abre un campo de posibles soluciones en diferentes aplicaciones, ya que con el control se puede aprovechar mejor cualquier sistema, haciéndolo más eficiente. Mediante la tarjeta de adquisición de datos se pueden implementar acciones de control de una manera fácil y directa para manipular sistemas. Labview y Matlab son herramientas matemáticas y gráficas que nos permite realizar simulaciones y diseños de cada una de las etapas para obtener el modelo de un sistema y su correspondiente control.

Si se realiza una contrastación entre las respuestas que arroja el sistema en simulación y el sistema implementado en tiempo real, se puede considerar que el sistema en tiempo real tiene retardos debidos a las características de salida de voltaje de la DAQ.

La propuesta es una herramienta practica que puede funcionar adecuadamente para sistemas que funcionen con una velocidad menor a 1 milisegundo y las restricciones de voltaje de la salida de la DAQ se pueden corregir con una etapa de acondicionamiento de señal.



5. Referencias

- [1] Y. Xiong, B. Quin, M. Wu. "LABVIEW AND MATLAB-BASED VIRTUAL CONTROL SYSTEM FOR VIRTUAL PROTOTYPING OF CYCLOTRON" Proceedings of PAC07, Albuquerque, New Mexico, USA, 2007. Pag. 281 – 283.
- [2] C. Zhang, Z. Wang. "Design of the Control System for Hidraulic Experimental Bench based on LabVIEW". 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology. Pag. 2128 – 2130.
- [3] H. Ali, M. Hussein, B. Ismael. "LabVIEW FPGA Implementation Of a PID Controller For D.C. Motor Speed Control". 2010 1st International Conference on Energy, Power and Control (EPC-IQ), College of Engineering, University of Basrah, Basrah, Iraq, November 30 - December 2, 2010. Pag. 139 – 144.
- [4] C. Chen, F. Hu. "Design of Measurement and Control System for Sling Stretch Test Machine Based on LabVIEW". 2010 2nd International Conference on Industrial Mechatronics and Automation. Pag. 389 – 392.
- [5] A. Upadhyay, A. Agarwal. "Controller Design and Analysis for Automation of Chemical Water Treatment System". 2008 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam, 17–20 December 2008. Pag. 1625- 1629.
- [6] X. Xing, S. Jiang. "The Realization of Automatic Control Theory Virtual Experiment System Based On LabVIEW and MATLAB". 2010 International Conference On Computer Design And Appliations (ICCCA 2010). Pag. 47 – 50 V3.
- [7] L. Guo, M. Nelms. "Digital Controller Design for Buck and Boost Converter:s Using Root Locus Techniques". Industrial Electronics Society, 2003. IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE. 2-6 Nov. 2003. Pag. 1864 – 1869.
- [8] Y. Wei. "WLEDING HEAD CONTROL ANALYSIS BASED ON THE ROOT LOCUS METHOD" Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011 Second International Conference on 15-17 July 2011. Pag. 936 – 939.
- [9] J. Chen, K. LIU. "Modeling and Low Power Control of Active Magnetic Bearings System". Proceedings of 2011 International Conference on Modelling, Identification and Control, Shanghai, China, June 26-29, 2011. Pag. 319 – 324.
- [10] S. Ching. "Root Locus for Random Reference Tracking in Systems With Saturating Actuators". IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, VOL. 54, NO. 1, JANUARY 2009. Pag. 79 – 91.
- [11] Q. Zhang, C. Messner. "Root Locus Design with Complex Proportional-Integral-Lead Compensation". 2011 American Control Conference on O'Farrell Street, San Francisco, CA, USA June 29 - July 01, 2011. Pag. 693 – 698.
- [12] M. Akhtaruzzaman, A. Shafie. "Modeling and Control of a Rotary Inverted Pendulum Using Various Methods, Comparative Assessment and Result Analysis". Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation August 4-7, 2010, Xi'an, China. Pag. 1342 – 1347.
- [13] T. Emami, M. Watkins. "A Unified Procedure for Continuous-Time and Discrete-time Root-Locus and Bode Design". Proceedings of the 2007 American Control Conference Marriott Marquis Hotel at Times Square New York City, USA, July 11-13, 2007. Pag. 2509 – 2514.
- [14] Norman S. Nise; Sistema de Control para Ingeniería; Editorial Patria, Tercera Edición, 2009, pp. 422 – 585.



1.7 INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBÓTICA

ASIGNACIÓN DE HORARIOS EN UNA DEPENDENCIA DE NIVEL SUPERIOR MEDIANTE UN ALGORITMO INMUNOLÓGICO CLONAL.

Moisés Porfirio González, J.F. García Mejía, J. Antonio García Mejía
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO, C.U. ATLACOMULCO
botudo_7@hotmail.com, fgarciam@uaemex.com, jagm_1000@ymail.com

RESUMEN

En procesos administrativos tales como la gestión de recursos existe la posibilidad de tratar a esta como un problema de optimización, el cual se define como la maximización o minimización de un proceso o función, que puede ser realizada matemáticamente o numéricamente. Un problema de este tipo es la asignación de horarios dentro de una dependencia de educación superior cuya complejidad computacional varía en función de las características de la escuela, una forma de solucionar este problema es por medio de un algoritmo inmunológico clonal, que se define como un modelo computacional del sistema inmune biológico que tiene la capacidad de realizar algunas tareas como el reconocimiento de patrones, aprendizaje, adquisición de memoria, generación de diversidad, tolerancia al ruido, generalización, detección distribuida y optimización escrito en Scilab.

ABSTRACT

In administrative processes such as the management of resources is possible to treat this as an optimization problem, which is defined as the maximization or minimization of a process or function, which can be done mathematically or numerically. One such a problema is the assignment of times within a unit of higher education whose computational complexity varies with the characteristics of the school, a way to solve this problem is through an immune clonal algorithm, which is defined as a computational model of biological immune system has the ability to perform certain tasks such as pattern recognition, learning, memory acquisition, generation of diversity, noise tolerance, generalization, distributed detection and optimization written in Scilab.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los procesos administrativos algo que se tiene presente siempre son los problemas de optimización que contiene referentes dentro de las áreas administrativas, en la que se tiene que utilizar recursos, personal así como cuestiones en una organización con el menor costo posible y con una máxima ganancia, algo de esto se puede observar en las instituciones de nivel superior donde se desea asignar horarios.

1.1 PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DE HORARIO

El problema de la asignación de horarios dentro de una dependencia de nivel superior se considera como un problema de complejidad el cual se pretende resolver mediante la heurística de un algoritmo inmunológico clonal, que consiste en proporcionar una solución de optimización tomando en cuenta las restricciones que pueden ser fuertes o débiles donde no puede existir más de una asignación en un periodo de la misma asignatura o a un mismo grupo.



La dificultad de la asignación de horarios en el Área de Coordinación de Ingeniería en Computación e Informática Administrativa busca determinar la asignación de horarios, ya que la dificultad con la que cuenta es muy extensa, por consiguiente se propone solucionar el problema de la asignación de horarios por medio de la técnica de optimización de algoritmos inmunológicos que consiste en distribuir las unidades de aprendizaje de la mejor manera en bloques de tiempo semanales.

La asignación de horarios en instituciones de educación superior, puede clasificarse como problema cuya complejidad computacional es del tipo P la cual consiste en aquellos problemas que son solucionables en tiempo polinomial; Cabe destacar que un Problema P se generaliza en NP, que se define como clase de lenguaje decidible en tiempo polinómico en un máquina de Turing no determinista.

1.2 ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Los algoritmos evolutivos (EA, por sus siglas en inglés) son series de pasos definidos con aplicación en la optimización o de aprendizaje con la capacidad de evolucionar. Estos tienen tres características principales.[1]

- Basado en la población. Un EA mantiene un conjunto de soluciones, llamada población, para optimizar o aprender el problema en forma paralela. Este es un principio básico del proceso evolutivo.
- Fitness-orientada. Todas las soluciones en una población se llama individuo, tiene una representación llamada código y la evaluación de desempeño se denomina aptitud (o fitness). Un EA privilegia a los individuos más aptos, que permitan la optimización y la convergencia de los algoritmos
- Variación de motor. Los individuos de una población que se someten a una serie de operaciones con la finalidad introducir variaciones en su código, esto es fundamental para buscar un espacio de soluciones

Dentro de la clasificación de los algoritmos evolutivos se encuentra el sistema inmunológico artificial(AIS) que se encuentra inspirado en los principios del funcionamiento del sistema defensivo de los mamíferos superiores ante enfermedades, esta idea fue propuesta por Doyme Farmer en 1986, tomando una importancia significativa a finales de la década de los 90.[2]

Para solucionar problemas complejos de ingeniería y ciencia con éxito el sistema inmune ha servido como inspiración, debido a que es un sistema de aprendizaje distribuido con interesantes características. Una de las principales tareas del sistema inmune es mantener al organismo sano, así como ser capaz de reconocer y eliminar microorganismos que son patógenos para el sistema. Desde el punto de vista del procesamiento de información la respuesta defensiva del sistema inmune presenta características interesantes. Por ello se ha usado como inspiración para crear soluciones alternativas a problemas complejos.[3]

El sistema inmune artificial es un modelo computacional del sistema inmune biológico que tiene la capacidad de realizar algunas tareas como el reconocimiento de patrones, aprendizaje, adquisición de memoria, generación de diversidad, tolerancia al ruido, generalización, detección distribuida y optimización. Los cuales están basados en los principios inmunológicos que son nuevas técnicas computacionales desarrolladas para una mejor comprensión del sistema mismo así como problemas computacionales de optimización.[4]



Cabe destacar que existen varios modelos del sistema inmune artificial, debido a que el campo de aplicación es muy amplio y la complejidad del sistema biológico; Los modelos son:

1. Selección Negativa
2. Células detríticas
3. Teoría de Red Inmune
4. Principio de selección clonal

2. DESARROLLO

Los factores que influyen en la asignación de la carga horaria son las siguientes:

- Carga académica por carrera, la cual proporciona una asignación de grupos-materias para cada periodo.
- Número de carreras que proporciona las especialidades en la institución.
- Numero y características de aulas, que son los espacios disponibles.

2.1 PARA DEFINIR LA FUNCIÓN OBJETIVO SE TOMA EN CUENTA LAS SIGUIENTES VARIABLES [5]

M = Cantidad de salones

N = Cantidad de asignaturas

P = Cantidad de profesores

D =Días de la Semana

H =horas disponibles por día

$ColFA$ = Restricciones fuerte de la asignatura

$ColFP$ =Restricción fuerte de profesores

Para expresar las restricciones se toma en cuenta una de las siguientes:

$$THM(n) = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P \sum_{d=1}^D \sum_{h=1}^H Horas_{Materia(m,n,p,d,h)} \quad (1)$$

$$Horas_{Materia}(m, n, p, d, h) \begin{cases} 1 = \text{Si el salon } m \text{ es establecido para la materia } n \text{ con el} \\ \text{profesor } p \text{ el día } d \text{ en la hora } h \\ 0 = \text{Si no se cumple lo anterior} \end{cases}$$

Restricciones fuerte de la asignatura($ColFA$) hace referencia a un salón m , en un día d ,de una hora h solo puede tener una asignatura n .

$$ColFA(m) = \left(\sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{h=1}^H RFA(m, n, d, h) \right) \quad (2)$$

$$RFA(m, n, d, h) \begin{cases} 1 = \text{Si el salon } m \text{ es establecido para la asignatura } n \text{ en el dia } d \text{ con l hora } h \\ 0 = \text{Si no se cumple lo anterior} \end{cases}$$

Restricción fuerte de profesores($ColFP$) se refiere a un profesor p en un día d , con una hora h , solo puede tener establecida una asignatura n :

$$ColFP(p) = \left(\sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{h=1}^H RFP(p, n, d, h) \right) \quad (3)$$

$$RFP(m, n, d, h) \begin{cases} 1 = \text{Si aignatura } n \text{ es impartida por el profesor } p \text{ el día } d \text{ en la hora } h \\ 0 = \text{Si no se cumple lo anterior} \end{cases}$$

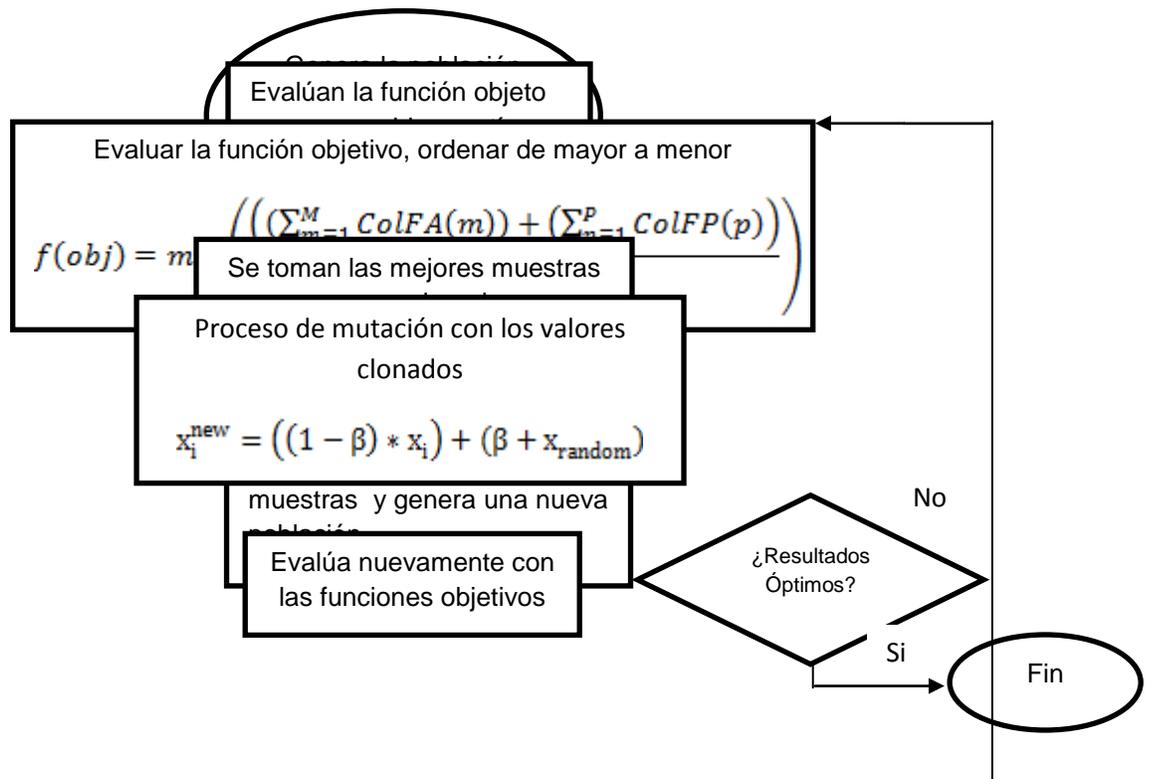


La función objetivo tiene la finalidad de representa los requerimientos para la adaptación de los individuos en el medio ambiente, la cual es asignada con respecto a las representaciones de los individuos, para así determinar la calidad y asignar una probabilidad de supervivencia o cruza dentro de la población.

$$f(obj) = \min \left(\frac{((\sum_{m=1}^M ColFA(m)) + (\sum_{p=1}^P ColFP(p)))}{2} \right) \quad (4)$$

2.2 DIAGRAMA DE FLUJO

Los pasos de un algoritmo inmunológico clonal se caracterizan en el esquema siguiente: [2]



2.3 DESARROLLO PROPUESTO

5. Se genera una población inicial para los valores de x_i , distribuidos a lo largo del espacio de búsqueda de manera uniforme.
6. Con esta población se evalúan la función objetivo que se considera antígeno
7. Los resultados obtenidos después de evaluar la función objetivo, se ordenarán de mayor a menor, entendiéndose que el valor máximo es el mejor resultado.
8. De éstos valores ordenados se seleccionan el número de resultados para ser clonados (se toman las mejores muestras)
9. Realizar el proceso de mutación con los valores clonados, mediante la ecuación 4



$$f(obj) = \min \left(\frac{(\sum_{m=1}^M ColFA(m)) + (\sum_{p=1}^P ColFP(p))}{2} \right) \quad (4)$$

Donde

es el nuevo elemento mutado.

es valor aleatorio entre 0 y 1.

es el valor clonado

es un valor aleatorio de toda la población de controladores

10. Estos nuevos valores mutados sustituirán a las peores muestras de la población inicial , generando una nueva población de controladores.
11. La población , se evalúa nuevamente con las funciones objetivos.
12. Si los resultados no son óptimos, se vuelven a realizar todo el proceso desde el paso 3, hasta encontrar las mejores soluciones para el controlador.

3. CONCLUSIONES

El uso de la técnica mediante un algoritmo inmunológico clonal, se concluye como una técnica de optimización inteligente en la asignación de la carga horaria en el Centro Universitario UAEM Atlacomulco, el cual está basado en la función objetivo descrita en la ecuación No. 4, determinado una calidad y asignando una probabilidad eficiente en la optimización del proceso mencionado anteriormente, en la población empleada.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Burger, C.. Propeller performance analysis and multidisciplinary optimization using a genetic algorithm. Auburn University). ProQuest Dissertations and Theses. 2007.
- [2] Fang, G., Ming Kwok, N., Ha, Q .Automatic Fuzzy Membership Function Tuning Using the Particle Swarm Optimization. IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application, . 2008.
- [3] Nunes de Castro, Timmis John. "An introduction to Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Paradigm". Springer-Verlag,2002 .
- [4] Cortés Rivera."Un Sistema Inmune Artificial para resolver el problema del Job Shop Scheduling". México, 2004
- [5] Pitol Reyes Fermín, Uso de algoritmos evolutivos para resolver el problema de asignación de horarios escolares en la Facultad de Psicología de la Universidad Veracruzana, LANIA, 2011.

No.1 Figura Algoritmo Inmunológico Clonal

- (1) Ecuación
- (2) Ecuación
- (3) Ecuación
- (4) Ecuación



CONTROL PD+G ROBUSTO BASADO EN PASIVIDAD: SIMULACIÓN Y APLICACIÓN EN UNA INTERFAZ HÁPTICA: PHANTOM PREMIUM 1.0

Fabián A. Díaz López*, Luis F. Serna Hernández*, Francisco Olguín Rodríguez* y **Omar Domínguez Ramírez

*División de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan
e-mail: fadiaz@iteshu.edu.mx, lfserna@iteshu.edu.mx, folguin@iteshu.edu.mx

**Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Sistemas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
e-mail: omar@uaeh.edu.mx

Resumen – En el presente artículo se presenta una estrategia de control de movimiento basado en teoría de pasividad, análisis de energía y estabilidad en el sentido de Lyapunov aplicado a sistemas Euler-Lagrange (E-L), en particular a un robot manipulador con propósitos de guiado háptico. El desempeño de la estructura robótica depende de su propio diseño y las técnicas de control para la regulación del trazo de trayectorias en el espacio de trabajo. Con el propósito de obtener resultados óptimos, la estrategia de control es evaluada en simulación numérica mediante MATLAB y en una plataforma experimental, en nuestro caso el dispositivo háptico PHANTOM premium 1.0 [6].

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas dinámicos pueden ser controlados relativamente por simples técnicas de control lineal (por ejemplo PD, PI, PID) [1].

El uso de técnicas de control lineal es válido solamente cuando el sistema puede ser modelado matemáticamente usando ecuaciones diferenciales lineales. En el caso del control de manipuladores, estas técnicas deberían ser vistas como métodos de aproximación, la dinámica del manipulador es representada de una forma más apropiada por un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales.

Los sistemas dinámicos que en su modelo presentan términos no lineales, se pueden aproximar por ecuaciones lineales en un punto de operación. Como consecuencia el resultado en puntos de operación alejados a los de linealización no se aproximan de una forma correcta en un espacio de trabajo cerrado.

Los robots manipuladores son esencialmente brazos articulados, es decir, una cadena cinemática abierta. Pueden ser clasificadas de acuerdo a las tareas asignadas, la primera de ellas comprende la traslación del efector final, en base a coordenadas cartesianas. La segunda tarea realiza el seguimiento de trayectorias con ecuaciones paramétricas. Y por último, la interacción del robot manipulador con su ambiente de trabajo, por ejemplo, una interfaz háptica.

En el caso de seguimiento de trayectorias, es necesario el conocimiento del modelo dinámico, en el cual el controlador actúa compensando la dinámica para un seguimiento preciso.

2. EL PHANTOM PREMIUM 1.0

El PHANTOM premium 1.0 (Figura 1) es una interfaz háptica desarrollada por Sensable Technologies [6], este robot es usado para evaluar diferentes leyes de control, y para este artículo consideramos dicho dispositivo. El PHANTOM premium otorga 3 GDL (Grados De Libertad), sensado posicional de tipo serial y una cadena cinemática abierta que consiste en tres enlaces rígidos acoplados por articulaciones de tipo revoluto.

En este artículo, consideramos los modelos matemáticos de este dispositivo para evaluar el seguimiento de trayectorias, en particular, una circunferencia con un control de tipo PD+G (Control Proporcional-Derivativo con compensación de Gravedad), por medio de una simulación y una trayectoria aleatoria evaluada experimentalmente.



Figura 1: PHANTOM premium 1.0

3. MODELO DINÁMICO Y SUS PROPIEDADES

Las ecuaciones de movimiento de un robot manipulador, así como de una interfaz háptica son definidas de manera simple y sistemática a través de la formulación E-L, como se muestra a continuación [3]:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{\partial L(q, \dot{q})}{\partial \dot{q}_i} \right] - \frac{\partial L(q, \dot{q})}{\partial q_i} = \tau_i \quad (1)$$

$$L = \sum_{i=0}^n (K_i - U_i) \quad (2)$$

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} \dot{q}^T D(q) \dot{q} \quad (3)$$

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i g h_i^2 \quad (4)$$

donde τ_i corresponde al par del i -ésimo actuador, L denota el Lagrangiano (sumatoria de las energías totales del robot), K determina la energía cinética total del robot, m_i define la masa del i -



ésimo eslabón, v_i corresponde a la velocidad del i -ésimo eslabón, U define la energía potencial total del robot, g es la constante de gravedad y h_i corresponde a la altura del centro de gravedad del i -ésimo eslabón.

Originando las ecuaciones de movimiento de un sistema completamente actuado definido de la siguiente manera [4]:

$$\begin{bmatrix} d_{11} & 0 & 0 \\ 0 & d_{22} & d_{23} \\ 0 & d_{32} & d_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & 0 & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ g_2 \\ g_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

De manera sintética, el modelo dinámico de PHANToM 1.0 se describe por la siguiente ecuación [2];

$$D(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = \tau \quad (6)$$

3.1. Propiedades dinámicas

La ecuación 6 tiene las siguientes propiedades [7]:

- Existen algunas constantes positivas α tal que

$$D(q) \geq \alpha I \quad (7)$$

donde I denota la matriz identidad $n \times n$ La matriz $D(q)^{-1}$ existe y es definida positiva.

- La matriz $C(q, \dot{q})$ se encuentra relacionada con la matriz de inercias por la siguiente expresión:

$$\dot{q}^t \{ \dot{D}(q) - 2C(q, \dot{q}) \} \dot{q} = 0 \quad (8)$$

esta propiedad se conoce como matriz asimétrica.

- La propiedad de pasividad está dada por:

$$V(x) - V(x_0) \leq \int_0^t y^t(s)u(s) ds \quad (9)$$

donde $V(x)$ es una función de almacenamiento, $y(s)$ es la salida, y $u(s)$ es la entrada del sistema, y s es el cambio de variable. Para el sistema E-L, la función de energía E es como una función de almacenamiento, y tenemos la propiedad de pasividad como:

$$E(t) - E(0) \leq \int_0^t \dot{q}^T \tau dt \quad (10)$$

Donde \dot{q} es la salida y τ es la entrada.

4. CONTROL PD+G

El control de posición de robots manipuladores puede realizarse mediante la técnica de control PD descrita por la siguiente ecuación [5]:



$$\tau = -k_p \tilde{q} - k_d \dot{\tilde{q}} \quad (11)$$

Sin embargo dicho esquema de control posee ciertas restricciones que pueden limitar su uso. El control PD garantiza el objetivo de control de posición en forma global para robots cuyos modelos dinámicos no poseen al vector de pares gravitacionales $G(q)$ (robot planar). En este caso la sintonización de este controlador es trivial ya que es suficiente con seleccionar las matrices de diseño K_p y K_d como simétricas y definidas positivas. No obstante, el control PD no garantiza el cumplimiento del objetivo de control de posición para manipuladores cuyos modelos dinámicos contienen el término de pares gravitacionales $G(q)$, a menos que la posición deseada q_d sea tal que $G(q_d) = 0$.

A diferencia del control PD, que no requiere conocimiento alguno sobre la estructura del modelo del robot, el controlador PD+G hace uso explícito del conocimiento parcial del modelo del robot. Sin embargo es importante observar que para un robot dado el vector de pares gravitacionales puede obtenerse con relativa facilidad, puesto que para este fin basta con calcular la energía potencial descrita por la ecuación 11.

El problema de control de posición se puede formular de la siguiente manera:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{q}(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (q - q_d) \rightarrow 0 \quad (12)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \dot{\tilde{q}}(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (\dot{q} - \dot{q}_d) \rightarrow 0 \quad (13)$$

Donde (q, \dot{q}) y (q_d, \dot{q}_d) representan posiciones y velocidades articulares reales y deseadas respectivamente con las mismas dimensiones.

4.1. Seguimiento de Trayectorias

De los sistemas E-L se sabe que la energía cinética presenta ciertas características, y que por definición se sabe que $K(q, \dot{q})$ es definida positiva, por lo que ésta función puede formar parte de la función de Lyapunov de la siguiente forma [8]:

$$V(x) = \frac{1}{2} \dot{q}^T D(q) \dot{q} + \frac{1}{2} \tilde{q}^T K_p \tilde{q} \quad (14)$$

donde x representa los estados $(\tilde{q}, \dot{\tilde{q}})$, K_p es una matriz definida positiva y simétrica.

Para resolver el problema de seguimiento de trayectorias es necesario involucrar nuevos aspectos dentro de la función de Lyapunov (Ecuación 14), como el de introducir un error de velocidad $\dot{q} = \dot{q} - \dot{q}_d$ donde q_d es una trayectoria.

Siguiendo con el procedimiento de la Ecuación 14, ya que solamente se trata de un control de seguimiento de velocidad entonces simplemente basta con involucrar la velocidad deseada, es decir que para este caso la aceleración deseada propuesta es cero ($\ddot{q} = \ddot{q} - \ddot{q}_d$ donde $\ddot{q}_d = 0$), y la derivada de ésta función es:



$$\begin{aligned} \dot{V}(x) &= \frac{1}{2} \ddot{q}^T D(q) \dot{q} + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \frac{1}{2} \dot{q}^T D(q) \ddot{q} + \frac{1}{2} \dot{q}^T K_p \ddot{q} + \frac{1}{2} \ddot{q}^T K_p \dot{q} \\ \dot{V}(x) &= \dot{q}^T D(q) \ddot{q} + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \end{aligned} \quad (15)$$

Reemplazando la referencia del error de aceleración en la ecuación siguiente:

$$\dot{V}(x) = \dot{q}^T D(q) (\ddot{q} - \ddot{q}_d) + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \quad (16)$$

que puede ser desarrollada de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \dot{V}(x) &= \dot{q}^T D(q) \ddot{q} - D(q) \ddot{q}_d + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \\ \dot{V}(x) &= \dot{q}^T [\tau - C(q, \dot{q}) \dot{q} - G(q)] - D(q) \ddot{q}_d + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\dot{V}(x) = \dot{q}^T \tau - \dot{q}^T C(q, \dot{q}) \dot{q} - \dot{q}^T G(q) - D(q) \ddot{q}_d + \frac{1}{2} \dot{q}^T \dot{D}(q) \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \quad (18)$$

Por la propiedad de asimetría y $\ddot{q}_d = 0$, tenemos:

$$\dot{V}(x) = \dot{q}^T \tau - \dot{q}^T G(q) - \dot{q}^T \left[C(q, \dot{q}) - \frac{1}{2} \dot{D}(q) \right] \dot{q} + \ddot{q}^T K_p \dot{q} \quad (19)$$

$$\dot{V}(x) = \dot{q}^T [\tau - G(q) + K_p \dot{q}] \quad (20)$$

de la misma forma se propone una función $\dot{V}(x)$ que cumpla con cierta estructura en la función de Lyapunov, por ejemplo que $\dot{V}(x) = -\dot{q}^T K_d \dot{q}$, de tal manera que la ecuación anterior se reduce a lo siguiente:

$$-\dot{q}^T K_p \dot{q} = \dot{q}^T [\tau - G(q) + K_p \dot{q}] \quad (21)$$

por simplicidad la ley de control τ da solución a ésta ecuación, y resulta en:

$$\tau = G(q) - K_p \dot{q} - K_d \dot{q} \quad (22)$$

En la Figura 2 se ilustra el diagrama a bloques del control PD+G para seguimiento.

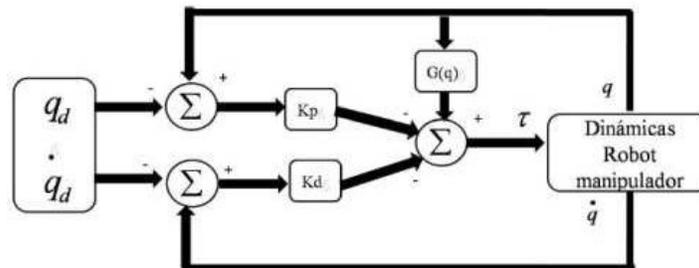


Figura 2: Controlador PD con compensación de gravedad

5. RESULTADOS



5.1. Resultados en simulación:

Para validar la ley de control mostrada en este artículo, el modelo de la interfaz háptica PHANTOM Premium 1.0 fue simulado en el software MATLAB, se genera una trayectoria que consiste en una circunferencia sobre el plano X-Y, definida por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}x_{ref} &= h + \cos(\omega t) \\z_{ref} &= h + \sin(\omega t) \\y_{ref} &= 0\end{aligned}\tag{23}$$

donde h representa el centro de la circunferencia, r el radio, $\omega = 2\pi f$ (rad/seg) correspondiente a la velocidad angular, f es la frecuencia y finalmente $T = 1/f$ corresponde al periodo.

La figura 3 muestra la trayectoria en el espacio de trabajo X-Y-Z, se observa en azul el seguimiento que realiza el robot con respecto a la circunferencia en color rojo, la cual corresponde a la trayectoria deseada.

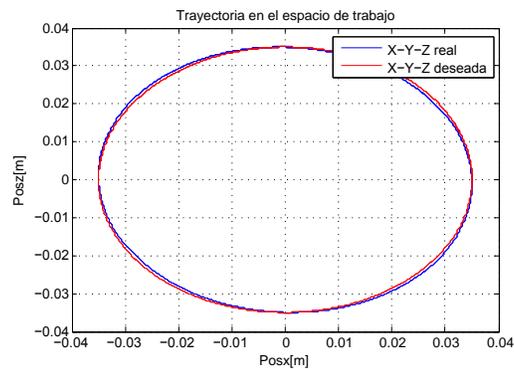


Figura 3. Trayectoria real y deseada en el espacio de trabajo X-Y-Z

La figura 4 muestra las posiciones de cada una de las articulaciones, en rojo se observa cada una de las posiciones reales durante la simulación, y en azul las posiciones deseadas en base a la ecuación [23].

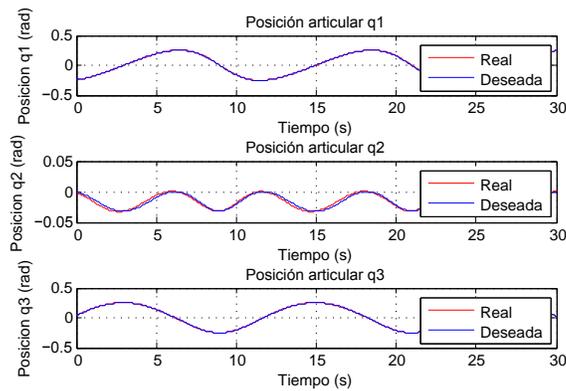


Figura 4. Posiciones articulares de cada uno de los eslabones

Finalmente en la figura 5 se muestra el error articular de cada eslabón, como se observa, existe un ligero error, sin embargo no es muy significativo además de que, en la parte experimental, esto fue corregido.

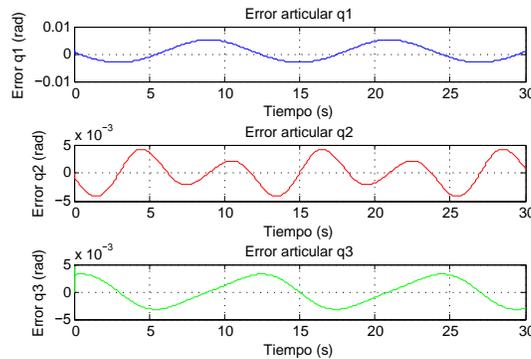


Figura 5. Errores articulares de cada eslabón

5.2. Resultados experimentales:

Para validar experimentalmente la técnica de control propuesta, se hizo uso de la interfaz háptica PHANToM Premium 1.0. La plataforma de programación consiste en una PC Pentium Core 2 duo, con 2 GB de memoria RAM. El código es programado con las clases propias de PHANToM: Open Haptics Toolkit, bajo C++. Así mismo, PHANToM posee su propia interfaz electrónica de potencia y se comunica con la PC mediante el puerto firewire, las señales de posición y velocidad son obtenidas por medio de codificadores ópticos.

Para este experimento, se generó una trayectoria aleatoria sobre el espacio de trabajo, como lo muestra la figura 6.

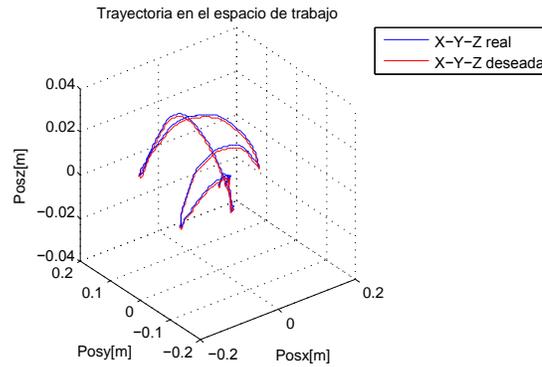


Figura 6. Trayectoria en el espacio de trabajo X-Y-X

La figura 7 muestra las posiciones articulares reales y deseadas, se observa en color azul la posición real de cada uno de los eslabones y en rojo las posiciones deseadas, que como se menciono anteriormente, consisten en movimientos aleatorios.

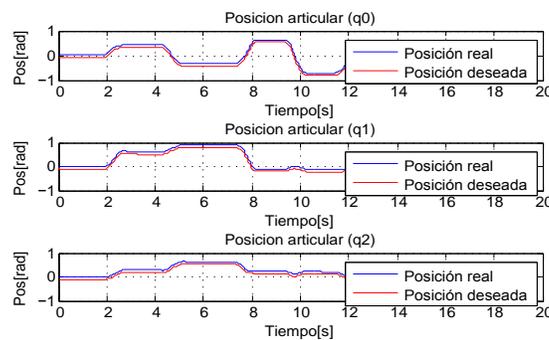


Figura 7. Posiciones articulares de cada uno de los eslabones.

En la figura 8 podemos observar los errores articulares de posición, se aprecia que existe un ligero error al principio, sin embargo, en un tiempo menor a 1 segundo se logra una convergencia hacia las posiciones deseadas.

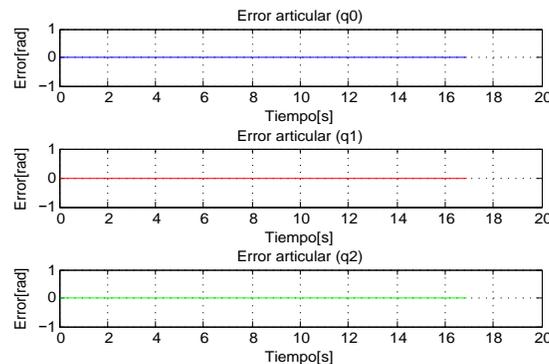


Figura 8. Errores articulares de cada eslabon



La figura 9 muestra las señales de control que son aplicadas a cada uno de los actuadores de PHANToM Premium 1.0 y que es generada por la técnica propuesta en este artículo.

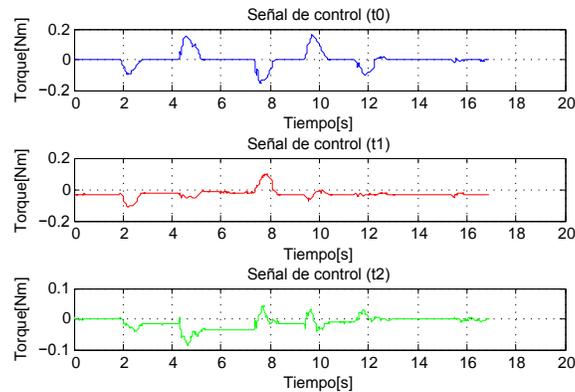


Figura 9. Señales de control enviadas a los actuadores.

En base al diseño de la ley de control propuesta en este artículo es necesario verificar el comportamiento de la función de Lyapunov propuesta y su derivada, se observa en la figura 10 que dicha función es definida positiva y en la figura 11, que su derivada es semi-definida negativa a lo largo del experimento como se esperaba en un principio

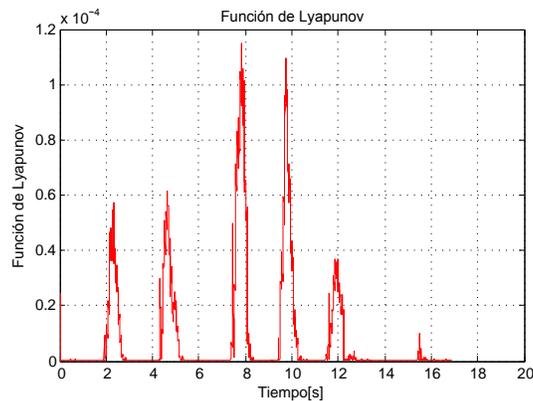


Figura 10. Función de Lyapunov propuesta.

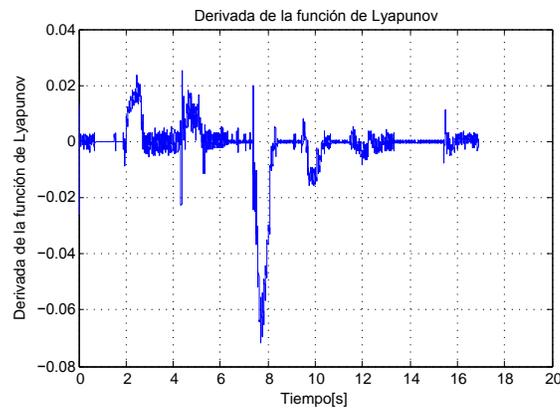


Figura 11. Derivada de la función de Lyapunov.



6. CONCLUSIONES

Cuando se requiere que un robot manipulador siga una trayectoria, es de vital importancia evaluar diferentes leyes de control, para encontrar la que nos brinde el funcionamiento más óptimo del mismo.

En este trabajo se ha presentado una técnica de control para sistemas Euler-Lagrange, basada en las propiedades dinámicas de un robot, la pasividad y la teoría de estabilidad de Lyapunov. Estas características garantizan convergencia y estabilidad asintótica.

La teoría de Lyapunov es una potente herramienta en el diseño de controladores para manipuladores, los cuales presentan características altamente no lineales, por lo que, su control requiere de técnicas que compensen las mismas.

7. REFERENCIAS

[1] Astrom K.J. and Hagglund T., *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*, International Society and for Measurement and Control, 1995.

[2] C. Valverde, O.Domínguez, E. Ponce, I. Trejo, G. Cervantes, *Kinematic and Dynamic Modeling of the PHANToM Premium 1.0 Haptic Device: Experimental Validation*. Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, 2010.

[3] D. Koditschek, Natural motion of robot arms, *in Proc. 23rd IEEE Conf. on Decision and Control*, Las Vegas, Nevada, 1984, pp. 733-735.

[4] Ordaz, J. Patricio, Domínguez Ramírez, Omar Arturo., *Novel sliding mode control for Euler-Lagrange systems: Nonadaptive and adaptive case*, 4th IEEE latinoamerican robotics symposium, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico, 9-14, November, 2007.

[5] Parra, V. and Arimoto, *Nolinear PID control with sliding modes for tracking of robots manipulators*, Proceedings of the 2001, IEEE conference on control aplicaciones, Mexico, 2001.

[6] Sensable Technologies, inc, *PHANToM premium 1.0/1.5A, 3D touch components, hardware installation and technical manual*, Revision 6.5, 18 August 1998.

[7] Spong Mark and Vidyasagar M., *Robot dynamics and control*, 2005.

[8] F.L. Lewis, C.T. Abdallah and D.M. Dawson, *Control of robot manipulators*, Macmillan Publishing Company, New York, 1993.



DISEÑO DE UNA MUÑEQUERA HÁPTICA CON RETROALIMENTACIÓN VIBROTÁCTIL APLICADA EN LA TRANSFERENCIA DE HABILIDADES

¹Ing. Moises Molina García, ²Juan Carlos Arriola Hernández

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Avenida 25 Poniente No. 100, entre calles 22 y 32 sur, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. C.P.

94100 Tel. (01-273) 734-40-00 y Fax Ext. 218 <http://www.itshuatusco.edu.mx>

¹monchi_moga@hotmail.com,

RESUMEN

En la siguiente investigación presenta una muñequera háptica con retroalimentación vibrotáctil aplicada en la transferencia de habilidades. Este sistema tiene como principal objetivo el poder seleccionar el número de técnicas y minutos que se van a emplear cuando se está aprendiendo alguna actividad física o mental, al mismo tiempo se tiene un sistema vibrotáctil Este sistema también brinda la posibilidad de suministrar retroalimentación háptica en tiempo real con el objetivo de llevar el conteo del tiempo empleado en la transferencia de habilidades de una manera uniforme y con ello poder acelerar procesos cognitivos.

ABSTRACT

In the following research presents a wristband with haptic feedback vibrotactil applied in the skills transfer. This system has as main objective to select the number of techniques and minutes that will be used when you are learning any physical or mental activity, at the same time, one has a system vibrotactil which is reporting when you finish the time of each technique by means of a vibrator motor, in order to be able to proceed in a uniform manner with the transfer of skills In a uniform manner and thus be able to accelerate cognitive processes.

I INTRODUCCIÓN

Actualmente un área que resulta muy interesante de investigación es la transferencia de habilidades, la cual se centra en el desarrollo de sistemas que tienen como objetivos el poder ayudar al ser humano a aprender diferentes clases de tareas físicas e intelectuales. Estos sistemas llevan a cabo la adquisición, análisis, interpretación, almacenamiento y transferencia de habilidades humanas por medio de interfaces. El uso del sistema propuesto en este artículo es de vital importancia en el tiempo que se requiere para ir aprendiendo las diferentes tareas durante las sesiones de transferencia de habilidades motrices e intelectuales.

Hoy en día existen sistemas que pueden llevar el conteo del tiempo y técnicas cuando se está en el proceso de aprender alguna habilidad, solamente que estos dispositivos no cuentan con una retroalimentación vibrotáctil, esta retroalimentación proporciona estímulos hápticos los cuales logran acelerar los procesos cognitivos que realiza el cerebro, esta estimulación háptica permite una valoración más eficiente que cuando se emplean técnicas comunes.



Figura 1. Muñequera háptica con retroalimentación vibrotáctil aplicada en la Transferencia de Habilidades.

2 ESTADO DEL ARTE

La psicología cognitiva fue creada por un planteamiento común basado en una relación entre la mente y la persona. El procesamiento de información considera a la mente como un propósito general, un sistema de símbolos de procesamientos y de capacidad limitada.

Hoy en día existen cuatro enfoques dentro de la psicología cognitiva:

1. La psicología cognitiva experimental.
2. La neuropsicología cognitiva.
3. La ciencia cognitiva computacional.
4. La neurociencia cognitiva.

Los cuatro enfoques son cada vez más combinados, se integran con la información del comportamiento y de la actividad cerebral.

1. La psicología cognitiva experimental

Trata a los estudios de laboratorio que han revelado mucho sobre los procesos y estructuras implicados en la cognición humana. Aunque estos estudios a veces proporcionan evidencia no directa del funcionamiento del cerebro.

2. La neuropsicología cognitiva

Los neuropsicólogos cognitivos dicen que el sistema cognitivo es modular, ya que no hay organización del cerebro físico y la mente, y que el estudio de pacientes con daño cerebral puede decirnos mucho acerca de la cognición humana normal.

Puede ser difícil de interpretar los resultados de los pacientes con daño cerebral por varias razones:

- 1) Se pueden desarrollar estrategias de compensación después de daño cerebral.
- 2) El daño cerebral puede afectar a varios módulos.



3. La ciencia cognitiva computacional

Se centra en modelos computacionales, los cuales deben producir los mismos productos que la gente cuando se les da los mismos objetos. Los modelos computacionales rara vez hacen nuevas predicciones, ya que los nervios carecen de credibilidad.

4. La neurociencia cognitiva

Neurocientíficos cognitivos utilizan diversas técnicas para estudiar el cerebro. Por ejemplo la estimulación magnética transcraneal que tiene como ventaja el poder ser utilizada para demostrar que una determinada área del cerebro está necesariamente implicada en una función cognitiva en particular [1].

2.1 Estado del arte sobre háptica y sistemas vibrotáctiles usados en la transferencia de habilidades

La realimentación háptica ofrece la posibilidad de utilizar sistemas robóticos como:

- 1) Herramientas de entrenamiento.
- 2) Herramientas terapéuticas.

Actualmente hay investigaciones las cuales han explorado la sensación táctil como una modalidad para presentar la información para la orientación y navegación en entornos virtuales.

Un ejemplo es el cinturón táctil que ha sido estudiado por diferentes grupos [3], [4] a medida que se acercan a dar las instrucciones en el plano horizontal a las personas ciegas.

Lieberman y Breazeal llevaron a cabo un experimento en tiempo real con una retroalimentación vibrotáctil en un entorno virtual para compensar los movimientos y acelerar el movimiento de aprendizaje humano [5].

La retroalimentación vibrotáctil en el humano ha sido ampliamente investigada con diferentes perspectivas en la aplicación. Van Erp [6] explora las posibilidades de las pantallas táctiles en las aplicaciones deportivas, y el informe de un experimento muestra que un sistema de retroalimentación táctil mejora la eficiencia de remo en comparación con sistemas de captación tradicional.

Varias investigaciones presentan ejemplos empleados en el deporte utilizando información vibrotáctil, incluida la orientación táctica para los jugadores de fútbol y comentarios sobre la postura corporal para los patinadores y de velocidad para los ciclistas.

Spelmezan [7] llevó a cabo experimentos con estímulos vibrotáctiles para aprender nuevas habilidades motoras. En los experimentos se introdujeron las instrucciones táctiles como una alternativa para ayudar en la corrección de la postura incorrecta durante las actividades físicas y presentar un conjunto de patrones vibrotáctiles de todo el cuerpo. Los resultados de esos estudios sugieren que la retroalimentación vibrotáctil puede ser percibida y aplicada para la entrega de instrucciones durante las actividades físicas o de entrenamiento deportivo.

La postura es otro buen ejemplo donde los sistemas vibrotáctiles se han utilizado. Janet Van der Linden [8] describen el desarrollo continuo de un sistema de apoyo a la enseñanza de la buena postura y la técnica de enseñar a los jugadores principiantes de violín. El sistema proporciona información vibrotáctil en tiempo real sobre la corrección de la postura del estudiante y la acción inclinándose.



Las ventajas de la retroalimentación vibrotáctil para la enseñanza de técnicas de habilidades ésta en cómo se plantean las exigencias sobre los sistemas visuales y auditivos, que ya están muy involucrados en diferentes actividades, y se entienden con poco entrenamiento.

Todas estas investigaciones han obtenido resultados interesantes utilizando dispositivos vibrotáctiles en habilidades de movimiento humano.

En Japón se diseñó un Sistema vibrotáctil portátil para el contacto virtual, el sistema tiene la forma de un chaleco que es colocado en el cuerpo de una persona y a su vez está montado en un arnés que soporta el peso de dicha persona, el sistema es inalámbrico y puede ser utilizado en entrenamientos, utiliza Bluetooth como comunicación entre la computadora y el sistema vibrotáctil, puede ser utilizado para perfeccionar el entrenamiento en una actividad motriz [9].

Una importante aplicación fue el sistema ocupado en personas que sufren un accidente cerebrovascular crónico, éstas personas a menudo muestran una considerable deficiencia en la marcha las cuales afectan significativamente su calidad de vida. Por lo que se desarrolló un robot denominado Lokomat él cual puede ayudar a corregir la marcha, utilizado en las partes de los tobillos, rodillas y cadera, en ambos pares de extremidades inferiores. Al utilizar éste robot los sujetos se demostraron diferencias significativas en marcha [10].

3 DESARROLLO TECNOLÓGICO

En esta sección se describe el diseño del sistema háptico con retroalimentación vibrotáctil, las etapas que se realizaron fueron las siguientes: simulación del sistema, programación del microcontrolador pic18f4431, diseño y desarrollo del sistema háptico.

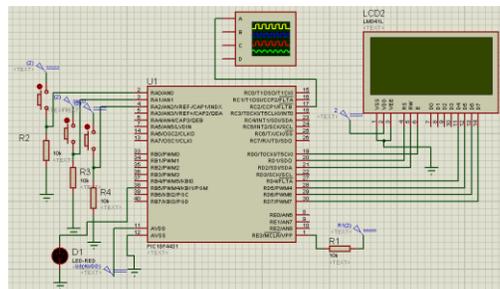


Figura 2. Simulación del sistema háptico.

3.1 Programación del microcontrolador pic18f4431.

Para el control del sistema se utilizó el microcontrolador PIC18F4431 que consta de 9 canales analógicos, 3 de los fueron usados para controlar el sistema, el analógico 0 modifica el número de técnicas. El analógico 1 modifica el número de minutos y el analógico 3 inicializa el sistema. La programación del microcontrolador pic18f4431 se código fue hecho en C, con este código se logró mostrar en un display dos menús (técnicas y minutos), el número de técnicas máximas a realizar fueron 27 y en cuanto al máximo de minutos a elegir fueron 90, al pulsar el botón de inicio los minutos se dividían entre el número de técnicas seleccionadas, al término de cada técnica se encendió un motor vibrador, el cual tenía la función de informar de manera vibrotáctil que había que se tenía que cambiar de técnica. El código del microcontrolador es el siguiente:



```
#include <sistemah.h>
#include <lcd.c>
unsigned int8 tecnicas=0,tiempo=0, tiempofinal=0;
unsigned int8 i,j;
unsigned int16 indicador=1093,indicador2=0;
void main(void)
{
    set_pwm1_duty(indicador2);
    setup_timer_2(T2_Div_by_16,1093,1);
    setup_ccp1(ccp_pwm);
    lcd_init();//Antes de usar el lcd hay que inicializarlo
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("TEC--MIN \n");
    set_pwm1_duty(indicador2);
    while(true)
    {
        if (input(PIN_A0)==1)
        {
            lcd_gotoxy(1,2);
            lcd_putc("      \n"); //Escribe el LCD
            tecnicas++;
            lcd_gotoxy(2,2);
            printf(lcd_putc, "%u", tecnicas);
            delay_ms(100);

            if (tecnicas==27)
                tecnicas=0;
        }
        if (input(PIN_A1)==1)
        {
            lcd_gotoxy(7,2);
            lcd_putc("      \n"); //Escribe el LCD
            tiempo++;
            lcd_gotoxy(7,2);
            printf(lcd_putc, "%u", tiempo);
            delay_ms(100);
        }
        if (tiempo==90)
            tiempo=0;
    }
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("TEC--MIN \n");

    if (input(PIN_A2)==1)
    {
        tiempofinal=(tiempo/tecnicas);

        lcd_gotoxy(1,1);
```



```
lcd_putc("TEC--MIN \n");

for (i=tecnicas; i>0; i--)
{
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("TEC--MIN \n");
    lcd_gotoxy(2,2);
    lcd_putc("      \f"); //Escribe el LCD

    lcd_gotoxy(2,2);
    printf(lcd_putc, "%u", i);
    delay_ms(2);

    for ( j=tiempofinal; j<=tiempofinal; j--)

    {
        if (j>0)
        {
            output_low(PIN_B5);
            set_pwm1_duty(indicador2);
        }
        if (j==0)
        {
            output_high(PIN_B5);
            delay_ms(200);
            output_low(PIN_B5);
            set_pwm1_duty(indicador);
            delay_ms(4000);
            set_pwm1_duty(indicador2);
        }
        lcd_gotoxy(1,1);
        lcd_putc("TEC--MIN \n");
        lcd_gotoxy(7,2);
        lcd_putc("      \n");

        lcd_gotoxy(7,2);
        printf(lcd_putc, "%u", j);
        delay_ms(10000);

    }
}
}
```



3.2 Diseño y desarrollo del sistema háptico.

En un software de diseño de placas electrónicas se realizó el diseño de la placa del sistema háptico (figura 3), el cual después fue pasado a una placa fenólica para su construcción física.

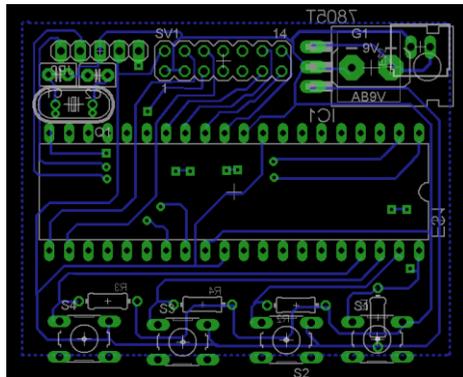


Figura 3. Diseño electrónico de la placa del sistema háptico.

4. CONCLUSIONES

Se ha realizado un análisis de como el ser humano desarrolla sus actividades principalmente físicas pero sabemos que en la actualidad existen muchas circunstancias que han cambiado la forma de desarrollar actividades, es por eso que debemos de seguir realizando aplicaciones a los sistemas de habilidades lo que lleva a un fin el de tener exactitudes del comportamiento del cuerpo en los diferentes estilos de vida del ser humano.

Se observa que a través de la transferencia de habilidades se pueden incorporar sistemas que por medio de interfaces permitan facilitar el aprendizaje de las personas con tareas asociadas a las actividades físicas y mentales que permite tener tiempos exactos, lo cual genera una mejor calidad de vida.



5. REFERENCIAS

1. Keane, M. W. "Cognitive Psychology". Psychology Press (2005).
2. Yasumura, T. a. "Active Belt: Belt-type wearable tactile display for directional navigation". UbiComp (2004).
3. Félix M H. "Dispositivos hápticos y cirugía robótica" (2008).
4. Nagel, S. C. "Beyond sensory substitution learning the sixth sense". Journal of Neuronal Engineering , 2, 13-26 (2005).
5. Breazeal, J. L. "Development of a wearable Vibrotactile FeedBack Suit for Accelerated Human Motor Learning". IEEE International Conference on Robotics and Automation (2007).
6. Han B.F. Van Erp, H. V. "Waypoint Navigation with a Vibrotactile Waist Belt". ACM Transactions on Applied Perception , 2 (2005).
7. Daniel Spelmezan, M. J. "Tactile Motion Instruction for Physical Activities". MobileHCI (2009).
8. Janet van der Linden, E. S. "Good Vibrations: Guiding Body Movements with Vibrotactile FeedBack". Proceedings of the Third Work Shop on Physicality (2009).
9. Lindeman Robert, Y. Y. "Wearable vibrotactile systems for virtual contact and information display" . National Institute of Information and Communications Technology in Japan (2006) .
10. Neckel Nathan, B. N. "Abnormal joint torque patterns exhibited by chronic croke subjects while walking with a prescribed physiological gait pattern". Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation (2008).



DISEÑO DE UNA PLATAFORMA ROBOTICA PARA LA ENSEÑANZA DE NUEVAS TECNOLOGIAS

Margarita Alvarez Cervera, Jose Luis Asunción Ku Uc
Instituto Tecnológico de Mérida
malvarez@itmerida.mx, robolution@live.com.mx

Resumen

Las áreas de estudio de estas instituciones son la robótica experimental, educativa, y de servicios. En los últimos 10 años se han empezado a crear líneas de investigación para la robótica médica, pero un retraso en el uso de nuevas tecnologías a frenado y alentado el proceso de crecimiento para la biónica en esta región.

La enseñanza de la robótica como tal en nuestro país está enfocada a explicar los fundamentos teóricos de un robot o agente autónomo, o semiautónomo. Sin importar las estructuras electrónicas, siempre se le ha dado prioridad a conocer y entender el campo generalizado de los robots como plataforma cognoscitiva de la condiciones de operación y aplicación de los agentes y no como puente de vinculación a las nuevas tendencias tecnológicas, y el desarrollo y uso de las mismas. Una herramienta educativa que ha favorecido al acercamiento y la aceptación del público académico es la robótica pedagógica. La justificación del proyecto iDroid es una iniciativa de investigación y educación. Con el fin de utilizar nuevas tecnologías. El Smartphone facilita el acceso a las nuevas tecnologías tales como Bluetooth, NFC, acceso a internet, sensores, etc.; ya que lo hace más económico y reduce el tiempo para su implementación utilizando la robótica como medio para aprender estas nuevas tecnologías.

Se ha demostrado que el uso de estos sistemas permite desarrollar habilidades o reafirmar conocimientos de una manera más interesante, creativa y que permite a los alumnos construir su propio conocimiento, y desarrollar muchas habilidades y actitudes que de otra forma sería muy difícil inculcarles.

Abstract:

Areas of study in these institutions are experimental robotics, educational, and service. In the last 10 years have begun to create lines for medical robotics research, but a delay in the use of new technologies to braking and encouraged the growth process for the Bionic in this region. Teaching robotics as such in our country is focused on explaining the theoretical foundations of a robot or an autonomous agent, or semi. Regardless of the electronic structures, has always given priority to know and understand the general field of cognitive robots as a platform of operating conditions and application of the agents and not as a bridge linking the new technological trends, and development and use thereof. An educational tool that has favored the approach and academic public acceptance is educational robotics. The iDroid project justification is a research and education initiative. In order to utilize new technology. The Smartphone provides easy access to new technologies such as Bluetooth, NFC, internet access, sensors, etc., Since it makes it more economical and reduces the time for implementation using robotics as a means to learn these new technologies.

It has been shown that the use of these systems to develop skills or reinforce knowledge in a more interesting, creative and allows students to construct their own knowledge, and develop many skills and attitudes that would otherwise be very difficult to instill.



Introducción:

El sistema iDroid consta fundamentalmente de tres componentes: Un robot móvil, Una plataforma de programación diseñada para computadoras con Windows y tablets con Android y una aplicación para Smartphone Android.

El robot está diseñado para ser una herramienta educativa e interactiva ya que ofrece al usuario la interacción con componentes electrónicos, mecánicos y de software muy utilizados hoy en día como es el caso de los microcontroladores, servomotores, módulos bluetooth, sensores infrarrojos, etc. De la misma forma permite la integración de dispositivos Android para ampliar sus funcionalidades y de esta manera ofrecer al usuario tecnologías de vanguardia integradas en el dispositivo tales como NFC, Wi-Fi, GSM, Procesadores ARM, Cámaras, Multimedia, GPS, etc.



Figura 1.- Robot iDroid

La plataforma de programación permite programar el robot por medio de máquinas de estado o código para que el usuario final tenga la posibilidad de generar un algoritmo útil y en corto tiempo. La finalidad de la plataforma de programación es proporcionar al usuario una herramienta sencilla e interactiva para la realización de diversas tareas mediante la programación de agentes autónomos sin tener conocimientos profundos de robótica, programación y de tecnologías actuales de vanguardia. La necesidad de crear este tipo de herramientas es fundamental ya que es necesario acercar el uso de la tecnología al mundo en general y, para ello, es necesario generar plataformas cada vez más sencillas que puedan ser utilizadas por cualquier persona sin importar su edad, nacionalidad o lenguaje.

La aplicación móvil para Smartphones Android permite utilizar el dispositivo como un accesorio del robot o como cerebro del robot.

En el modo accesorio es dispositivo android es utilizado para controlar el robot a distancia, leer el estado de los sensores y desplegar información, el control a distancia se realiza a través de una conexión bluetooth y se le ordena al robot por medio de la pantalla touch, comandos de voz o acelerómetro y de esta manera controlar los movimientos y los actuadores así como los gestos del robot y sonidos. Para el despliegue de información se muestran gráficos y mensajes de voz sobre el estado de los sensores y que permite su calibración.

En el modo cerebro el robot actúa como una mascota es decir por medio de la funcionalidad multimedia con las imágenes y sonidos el robot muestra una personalidad y responde a gestos hechos en la pantalla del dispositivo o a través de los sensores del teléfono. En este modo están integrados 4 programas a modo de demostración que convierten al robot en un luchador de sumo,



seguidor de línea, esquiador de obstáculos o de laberinto que son tareas comunes en los concursos de robótica.

Desarrollo

IDroid es un Robot-Smartphone basado en una interfaz Bluetooth, es un medio didáctico para el desarrollo de aplicaciones móviles, utiliza el teléfono como accesorio o como cerebro, aprovechando la potencia de los procesadores de un teléfono inteligente y Sensores, es accesible, expandible, ya que aumenta la funcionalidad del robot, es económico y de fácil construcción. Entre sus características principales destacan las siguientes:

Estructura:

- Locomoción diferencial utiliza dos motorreductores
- Base para Smartphone
- Sensores Principales:
 - 2 sensores medidores de distancia por infrarrojos de 10 a 80 cm
 - 5 sensores de reflexión infrarrojos para detectar líneas
- Sensores Secundarios:
 - Sensor de Proximidad con alcance dependiendo el dispositivo Android
 - Acelerómetro de 3 ejes
 - Magnetómetro
 - Cámara
 - GPS
- Actuadores:
 - Brazo robótico de 2 grados de libertad
 - Pinza y Hombro
- Conectividad:
 - Bluetooth con alcance de 100 metros
 - Wi-Fi
 - GSM
 - USB

Expansión:

- A través de módulos con bus 12C

Energía:

- 6 pilas AA recargables de Ni-Cd que proporcionan 2000 mA

Funcionalidades:

- Firmware reprogramable a través de USB y Bluetooth
- Síntesis de Voz en Español
- Reconocimiento de Voz
- Multimedia
- Escaneo de códigos de barras y QR
- Envío y Recepción de mensajes de Texto



Mecánica del Robot

El chasis está construido con PVC espumado mejor conocido como Sintra es un material liviano, resistente, termoformable, autoextinguible, no absorbe la humedad, se puede cortar, aserrar, pintar, perforar, etc. La Sintra está disponible en modo de pliegos de diferentes tamaños y colores, se utilizó un cúter y cola loca para cortar las piezas y unir las para formar la estructura.



Figura 2 Sintra utilizado para la estructura mecánica [6]

El chasis consta de 3 partes: la base, el actuador y la base para Smartphone los patrones de corte se diseñaron en power point, la base principal consiste en dos octágonos soportados por 4 postes de plásticos y tornillos de 2 pulgadas.

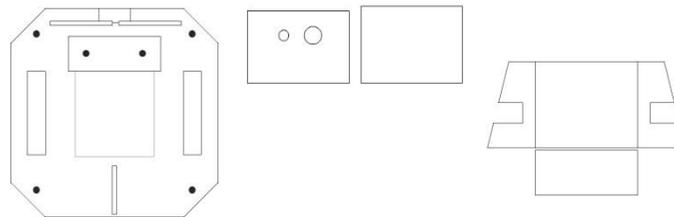


Figura 3 Patrones de corte utilizados

La configuración usada para la tracción del robot se conoce como diferencial ya que utiliza dos motores que variando su velocidad y sentido de giro se conseguirá una trayectoria, Se utilizaron dos motorreductores de plástico con una relación de 1:80 que proporciona 100 rpm a un torque de 2 kgcm. Se utilizaron dos rodamientos de plástico y un TrackBall para la estabilidad del robot. En la parte inferior de la Base se han montado los motorreductores, las pilas y sensores de línea.



Fig. 4 Parte inferior de la base principal



El actuador es un brazo robótico de dos grados de libertad siendo pinza y hombro, para la pinza se utilizó un microservo con torque de 2 kgcm y para el hombro un servo estándar de 5 kgcm. La pinza se ha diseñado para su fácil construcción ya que no utiliza ningún engrane o mecanismo complejo el movimiento se da por el movimiento de un tornillo que obliga a mover la pinza.

Sensores del Robot

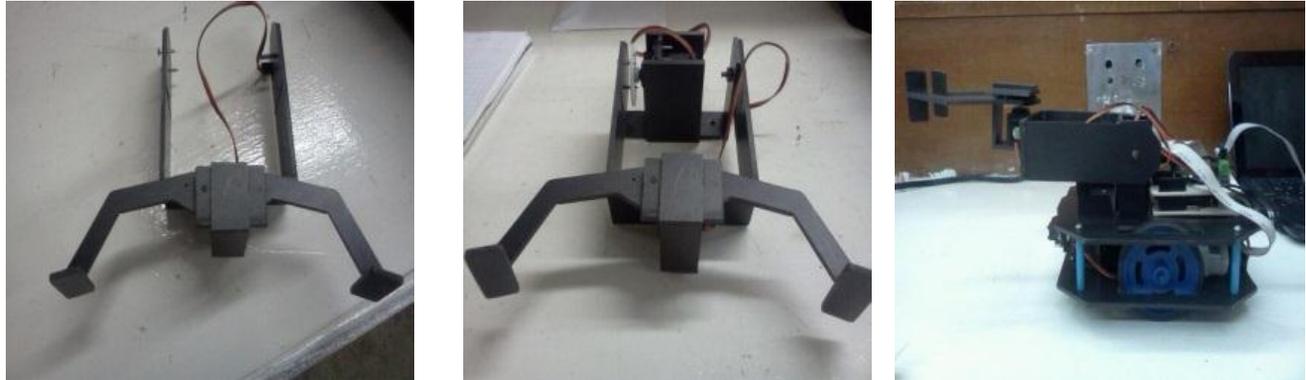


Figura 5 Sensores

iDroid posee 2 sensores de proximidad GP2Y0A21YK0F de la marca Sharp que miden la distancia a la que se encuentra un objeto en un rango de 10 a 80 cm, estos sensores entregan una tensión analógica dependiendo de la distancia, funcionan con un voltaje de alimentación de 4.5 a 5.5 v y un consumo típico de 30 mA, estos sensores son utilizados para detectar obstáculos.

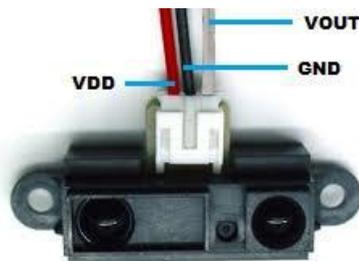


Fig. 6 Sensor de proximidad GP2Y0A21YK0F [7]

Los sensores de proximidad no necesitan algún circuito adicional para funcionar, iDroid posee también 5 sensores de reflexión infrarrojos QRD114 para detectar líneas los cuales entregan una tensión analógica de 0 a 5 volts dependiendo de la cantidad de luz reflejada. Esta etapa cuenta con su propio microcontrolador para procesar los datos de los sensores, se utilizó el microcontrolador PIC16F690 ya que posee un bus I2C para conectarse al controlador principal. En la figura siguiente se muestra la simulación en Proteus de la conexión de los sensores al PIC16F690, en el cual se conectaron los 5 sensores QRD114 y un conector de cuatro para la conexión principal de la siguiente manera:



Número de Pata Utilizada	Nombre de la Pata Utilizada	Componente Conectado
1	VDD	
3	RA0/AN0	Q4
12	DT	J1/3
13	SDA	J1/4
16	RC0/AN4	Q5
17	RA2/AN2	Q3
18	RA1/AN1	Q2
19	RA0/AN0	Q1
20	VSS	

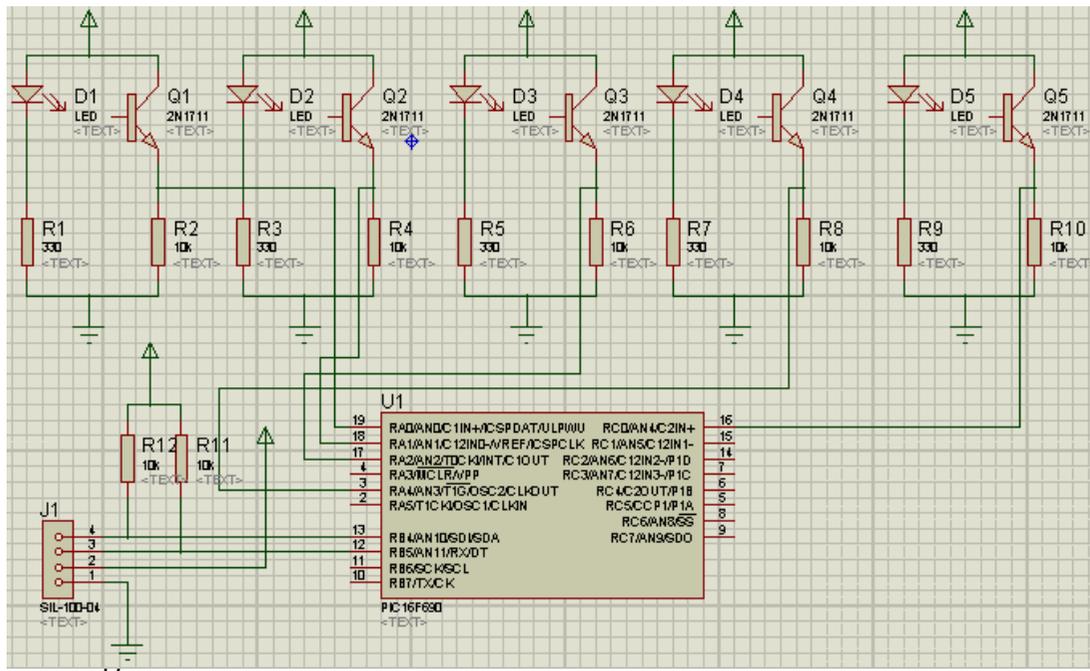


Diagrama esquemático de los sensores

El acelerómetro, el magnetómetro, cámara y GPS son accesibles por medio del dispositivo android. El acelerómetro proporciona 3 valores correspondientes a la aceleración medida en los ejes X, Y y Z, el magnetómetro mide la intensidad de campo magnético en los ejes X,Y y Z por lo que en el robot se usa tanto para orientación como para detectar metales, la cámara tiene una resolución de 3 Mpx en el dispositivo usado y el GPS proporciona las coordenadas de Latitud y Longitud y la información de los satélites.

La tarjeta controladora principal está diseñada para la implementación rápida de prototipos ya que su firmware puede ser actualizado desde una conexión USB o Bluetooth y la distribución de los componentes electrónicos facilita la conexión de hardware extra, está basada en el microcontrolador PIC18F2550, esta se divide en dos partes una es el control y la otra es un circuito para conectar los actuadores los sensores y la interfaz de comunicación.



Para la elección del microcontrolador a utilizar en el proyecto se tomó en cuenta, que ha sido utilizado en tarjetas de desarrollo muy utilizadas hoy en día como el caso de la plataforma pingüino, por lo cual el diseño de la tarjeta lo hace un hardware de propósito general es decir se puede retirar del robot y ser utilizado en alguna aplicación de automatización. Entre la gama de MC que se encuentran en el mercado se eligió el MC PIC18F2550, por que cuenta con protocolo de comunicación serial UART el cual necesitamos para el módulo Bluetooth, también con Conectividad USB. Para controlar los motores se utilizó un driver Puente H SN754410NE de Texas Instruments

Conclusiones y Resultados:

La robótica pedagógica como medio de educación y enseñanza, estimula al alumno a crear y desarrollar proyectos de investigación científica a partir de las experiencias adquiridas con los materiales didácticos, cubriendo las áreas teóricas y prácticas para poder nivelar al alumno a los más altos estándares de tecnología actual.

La plataforma de programación del Robot es una herramienta didáctica que permite al usuario generar una aplicación para el robot sin necesidad de conocer a detalle el funcionamiento de los sistemas y subsistemas que lo componen. El proyecto abre un perfil académico para el usuario, ya que utiliza la mecánica como metodología de diseño en la estructura del robot, la electrónica en la implementación de circuitos en las etapas descritas anteriormente y finalmente la informática en la creación de aplicaciones embebidas y de ordenador para darle funcionalidad al sistema. Integrando este conjunto de elementos se genera un camino de posibilidades para el acercamiento a la ciencia del usuario a manera grupal y autodidacta, donde este puede definir una especialidad en las ramas que involucran al proyecto.

La integración de los dispositivos móviles como los Smartphone y tablets como difusión de tecnología despierta en usuarios expertos y público en general a probar sus habilidades para experimentar la dinámica del robot, siempre llamando la atención e introduciéndolos al mundo de la tecnología de vanguardia.

Referencias Bibliográficas:

- [1] La Robótica y su Beneficios [En línea]
<<http://www.urp.edu.pe/labcim/portal/imagenes/Robotica.pdf>> [Consulta: 05 de octubre de 2012]
- [2] La Importancia de la Robótica [En línea]
<<http://robotica-sociedad-educacion.blogspot.mx/>> [Consulta: 05 de octubre de 2012]
- [3] Agentes Inteligentes en Educación [En línea]
<<http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec16/villarreal.pdf>> [Consulta: 10 de octubre de 2012]
- [4] Mayabot, Modelo Robótico En La Educación Para La Enseñanza De Nuevas Tecnologías [En línea] <<http://www.ammci.org.mx/revista/pdf/Numero2/4art.pdf>> [Consulta: 10 de octubre de 2012]
- [5] Robótica Pedagógica [En línea] <<http://www.slideshare.net/cjrodriguez/robotica-pedagogica#btnNext>> [Consulta: 12 de octubre de 2012]
- [6] Marco Teórico para una Robótica Pedagógica [En línea]
<<http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/010103/A4oct2004.pdf>> [Consulta: 12 de octubre de 2012]
- [7] Sistemas Embebidos [En línea] <<http://www.idose.es/sistemas-embebidos>> [Consulta: 12 de octubre de 2012]
- [8] Introducción a los Sistemas Embebidos [En línea]



- <<http://www.slideshare.net/jkovima/introduccion-a-los-sistemas-embbebidos-presentation#btnNext>>
[Consulta: 12 de octubre de 2012]
- [9] ¿Qué es un Sistema Operativo? [En línea]
<http://www.euram.com.ni/pverdes/verdes_informatica/informatica_al_dia/que_es_un_so_144.htm>
> [Consulta: 17 de octubre de 2012]
- [10] Tipos de Sistemas Operativos [En línea] <<http://www.emas.co.cl/categorias/informatica/tiposso.htm>> [Consulta: 17 de octubre de 2012]
- [11] ¿Qué es Android? [En línea] <<http://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android>> [Consulta: 17 de octubre de 2012]
- [12] Android App [En línea]
<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.webopedia.com/TERM/A/android_app.html&ei=IbTFUMmIOqTk2AXZ3YHAAw> [Consulta: 17 de octubre de 2012]
- [13] Android (Sistema Operativo) [En línea]
<[http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system))> [Consulta: 17 de octubre de 2012]
- [14] Microchip. Pic18F2455/2550/4455/4550 [En línea]
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>> [Consulta: 20 de octubre de 2012]
- [15] Arduino [En línea]
<<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>> [Consulta: 20 de octubre de 2012]
- [16] Pingüino [En línea]
<<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.arduino.cc/>>
[Consulta: 20 de octubre de 2012]
- [17] Periférico [En línea]
<<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.techterms.com/definition/peripheral>> [Consulta: 21 de octubre de 2012]
- [18] ¿Qué son los Sensores y Actuadores? [En línea]
<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/pvcsensa/v6r1m0/topic/com.ibm.wrps.doc_6.1.0.1/ov_rfid.html> [Consulta: 21 de octubre de 2012]
- [19] Modulo Bluetooth [En línea] <<http://gustavolaureano.blogspot.mx/2011/02/modulo-bluetooth-serial-bluetooth-rf.html>> [Consulta: 16 de octubre de 2012]
- [20] Modulo Bluetooth HC-06 [En línea] <<http://www.neoteo.com/modulo-bluetooth-hc-06-android>>
[Consulta: 16 de octubre de 2012]
- [21] Romotive. Meet Romotive [En línea] <<http://romotive.com/meet-romo#meet-romo>> [Consulta: 01 de octubre de 2012]
- [22] Robot OddWerex [En línea]
<<http://www.pcdemano.com/modules.php?name=News&file=article&sid=17630>> [Consulta: 01 de octubre de 2012]
- [23] [Bandai SmartPet Robot Dog](http://www.japantrendshop.com/bandai-smartpet-robot-dog-p-1391.html) [En línea] <<http://www.japantrendshop.com/bandai-smartpet-robot-dog-p-1391.html>> [Consulta: 01 de octubre de 2012]
- [24] Lego Mindstorms NXT [En línea]
<http://www.robotsperu.org/talleres/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=61>
> [Consulta: 01 de octubre de 2012]



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT CENTINELA AUTÓNOMO EN FPGA UTILIZANDO SENSORES PIRO-ELÉCTRICOS

**Jessica Montero-López, Ignacio Algreto-Badillo, Félix Emilio Luis-Pérez, Daniel Pacheco
Bautista**

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel:01-971-5224050.
jml.14@hotmail.com,{algreodobadillo,eluis}@sandunga.unistmo.edu.mx,
dpachecob@bianni.unistmo.edu.mx

Resumen— El presente proyecto reporta el diseño e implementación de un prototipo de robot centinela. La parte principal es el diseño de un autómata que engloba el funcionamiento y procesamiento de cuatro sensores (dos piro-eléctricos, una fotorresistencia y un fototransistor), así como el control de giro y velocidad de dos motores de corriente directa encargados de mover el robot. El comportamiento propuesto es como sigue: El robot comienza girando sobre su propio eje y al momento que un sensor piro-eléctrico detecta una persona se detiene y posteriormente avanza con dirección a ella. Una vez que llegue a su objetivo, el robot evaluará si la habitación está obscura o iluminada, para emitir una luz o un sonido, respectivamente. El robot inicia o termina operaciones con un control remoto infrarrojo. La arquitectura hardware se diseñó e implementó en una tarjeta de desarrollo FPGA, requiriendo 42 slices y un reloj de 134.716 MHz.

Abstract—This paper presents the design and implementation of a prototype for a sentry robot. The principal aim is to design a state machine which includes the processing operation for four sensors (two pyroelectric, a photoresistor and a phototransistor), where the spinner and speed of two DC motors are executed. The proposed behavior is as follows: The robot starts spinning on its own axis and the time that a pyroelectric sensor detects a person, then stops and advances toward this person. Once the robot arrives to the objective, this takes measures of the light present in the room, and turns on a light or a sound. The robot begins operations and finalizes it by using an infrared control. The hardware architecture was designed and implemented on the FPGA, requiring 42 slices running at 134.716 MHz.

1.- INTRODUCCIÓN

Los robots se han convertido en una parte importante de la vida cotidiana ya que facilitan la realización de tareas que para los humanos son peligrosas o que requieren mayor esfuerzo, precisión y repetitividad. Por ello, día a día surgen más robots que van cubriendo las necesidades de las personas. Los robots son clasificados de muchas formas y son utilizados en diversas aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, robots policías, robots bomberos, exploradores submarinos, hasta brazos teleoperados en un transbordador espacial y robots exploradores espaciales. Los robots centinelas son de gran importancia en lugares donde se requiera de vigilancia constante, operación de situaciones de peligro como incendios o en la desactivación de bombas, por eso, el objetivo planteado de este proyecto es el diseño e implementación del prototipo para un robot centinela. Las operaciones de los robots están basadas en sistemas digitales.

Hay dos formas principales de implementar los sistemas digitales, ya sea en software o hardware, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Por un lado el software ofrece un entorno de



programación secuencial, mientras que el hardware ofrece alta velocidad de procesamiento en operaciones paralelas [1]. Realizar implementaciones en software puede ser costoso, muy flexible y poco eficiente, mientras que una implementación en hardware puede ser eficiente, rápida y utilizando las nuevas tecnologías como es el FPGA (*Field Programmable Gate Array*) se pueden realizar operaciones de manera paralela ya que no tienen que competir por los mismos recursos.

Las implementaciones en FPGA tienen una buena flexibilidad para ajustarse a un diseño, cercana a la de una implementación en software que se ejecuta en un sistema basado en procesadores. Otra ventaja de realizar implementaciones en la lógica reconfigurable (cuando se utilizan los FPGAs) es que no está limitado por el número de núcleos disponibles, como es el caso de los procesadores. Los FPGAs son muy utilizados en circuitos con múltiples interfaces seriales y paralelas operando al mismo tiempo, o de alta velocidad de transmisión. En este sentido cuando se desea ejecutar varias operaciones en paralelo o en forma concurrente, haciendo uso eficiente de los recursos hardware y con gran velocidad de procesamiento, se recomiendan utilizar los FPGAs, como es el caso del sistema que se propone en este proyecto, ya que se desean unir varios módulos y controlar dos motores en paralelo.

2.- ANTECEDENTES

En los últimos años se ha incrementado el interés en la elaboración de robots inteligentes. La principal ventaja es que permite estudiar un conjunto de disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables y las máquinas de estados. A continuación se describen algunos trabajos relacionados con robots móviles y FPGAs.

En [2] se presenta el diseño de un robot bípedo usando DSP y FPGA. Los autores describen la metodología de diseño de un controlador, donde el sistema consta del DSP (Digital Signal Processor) como la CPU principal y el FPGA como el controlador del motor. Mediante el uso de FPGA, el sistema de hardware es más flexible y más compacto.

Por otro lado, en [3] reportan un controlador basado en FPGA para robots móviles. Se presenta una concepción de robots móviles mediante prototipado rápido, la distribución de las acciones de control en varios niveles crecientes de complejidad y la propuesta de la computación orientada a insertar sistemas. Este tipo de controlador es evaluado en diferentes plataformas que representan a los robots móviles utilizando reprogramable componentes lógicos (FPGA).

En [4] presentan el diseño de un Robot autónomo como nodo móvil de redes de sensores y tratan sobre el diseño de una plataforma robótica como nodo móvil autónomo con capacidad de localización en interiores. Dicha plataforma incluye una placa electrónica auxiliar que se encarga del acondicionamiento de las señales necesarias para su correcto funcionamiento y utiliza una placa de procesamiento basada en un FPGA y procesador embebido.

En [5] reportan el funcionamiento del gen digital, a partir de la emulación de su contraparte biológica, explicando la implementación con la ayuda de herramientas de programación como el software MATLAB y Xilinx. Finalmente se mencionan aplicaciones donde puede utilizarse el gen digital en arreglos programables de compuertas (FPGAs).

Los FPGAs ofrecen muchos beneficios para aplicaciones de pruebas automatizadas, alta fiabilidad, alto determinismo, paralelismo verdadero y habilidad de ser reconfigurable. Al revisar todos los trabajos realizados con FPGAs se resalta que es un dispositivo útil para el diseño y el desarrollo del proyecto que aquí se propone, ya que se deben realizar varias operaciones en paralelo lo cual es facilitado por el FPGA.



3.- SISTEMA PROPUESTO

El sistema propuesto es una arquitectura hardware de un robot móvil para la detección de personas, usando un control remoto para encender o apagar el sistema. El sistema opera utilizando la salida de cuatro sensores que controlan los dos motores del robot móvil. La parte primordial es una unidad de control en el FPGA (en la Figura 1 se muestra la tarjeta de desarrollo [1] que contiene al FPGA) que, basada en una máquina de estados, realiza las funciones establecidas. El comportamiento del robot es que al activar el robot, éste estará girando hasta que detecte a una persona, para que se acerque a ella y active una alarma sonora o lumínica. Los cuatro sensores (dos piro-eléctricos, una fotorresistencia y un fototransistor) deben generar información que comprenda el FPGA, de manera que se tomen acciones en los controladores del robot móvil. Los movimientos a considerar es variar velocidad y cambiar de dirección (atrás, adelante, girar a la izquierda o girar a la derecha).

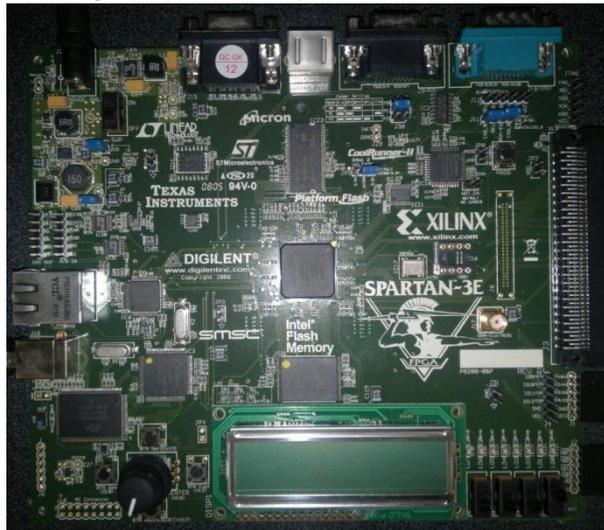


Figura 1: Tarjeta de desarrollo FPGA Spartan 3E Starter Kit

4.- DESARROLLO

Como se había mencionado antes, la parte principal es el diseño de un autómata finito que engloba el funcionamiento y procesamiento de cuatro sensores del sistema, así como el control de giro y velocidad de los dos motores de corriente directa del robot. El robot experimental [6] está conformado por dos ruedas con motores y una rueda libre, ver Figura 2.



Figura 2: Robot experimental



El comportamiento propuesto del robot es que pueda moverse en una habitación girando sobre su propio eje y al momento que un sensor piro-eléctrico detecte a una persona se detendrá con dirección a esa persona. Posteriormente, con un segundo sensor piro-eléctrico, el robot estimará la distancia a la que se encuentra la persona al evaluar los rangos de temperatura que detecte el sensor y así el robot avanzará hasta donde se encuentre la persona detectada. En este punto es donde operan las funciones de velocidad de los motores, ya que si la persona está muy alejada del robot, éste avanzara a su máxima velocidad y cuando ya esté más cerca de su objetivo, el robot disminuirá su velocidad; el robot se detendrá al momento de estar a una distancia cercana de la persona, cuyo valor es definido por el usuario. Una vez que llegue a su objetivo, una fotorresistencia evaluará si la habitación está obscura o iluminada, si es el primer caso emitirá una luz, mientras que en el otro caso, se emitirá un sonido. El sistema será inicializado o detenido utilizando un control remoto con transmisión vía infrarrojo, ver Figura 3.



Figura 3: Control remoto

El sistema completo propuesto integra cuatros módulos, donde la unidad de control toma la información digital proveniente de los sensores, para decidir cuándo mover, con qué giro y a qué velocidad cada uno de los motores, ver Figura 4.

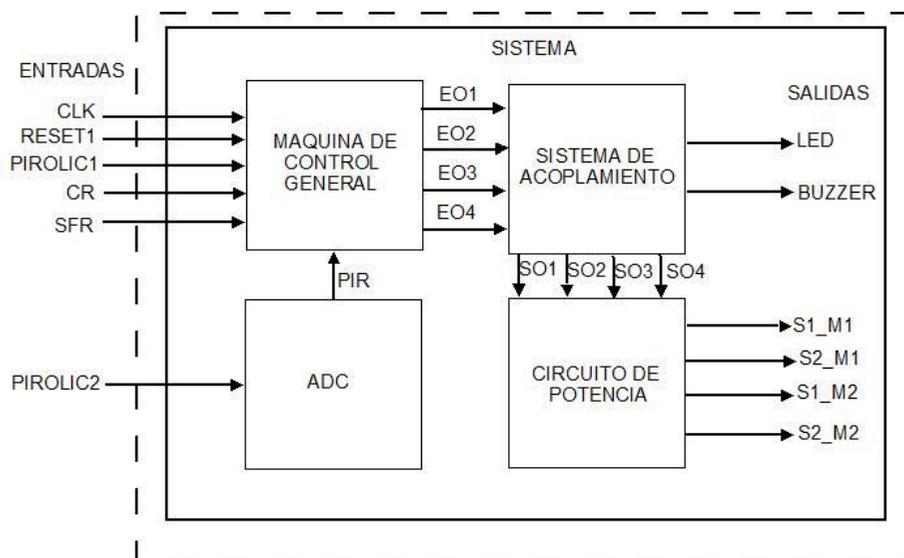


Figura 4: Diagrama a bloques del sistema completo propuesto



El primer módulo es el sistema de ADC0804 [7], el cual se utiliza para el tratamiento y acondicionamiento de sensores analógicos y su respectiva conversión a datos digitales de 8 bits, la información proviene de un sensor piro-eléctrico que servirá para estimar una distancia hacia una persona. El segundo módulo es la máquina de control general, la cual se encarga del procesamiento de los datos y está compuesta por una arquitectura implementada en FPGA que toma como entrada el dato de 8 bits del ADC, la señal digital del control remoto y la información acondicionada de manera digital de la fotorresistencia y de otro sensor piro-eléctrico.

El tercer módulo es el sistema de acoplamiento, el cual establece la comunicación entre la parte de procesamiento y la etapa de potencia, que permite que las señales de control de la tarjeta de desarrollo operen sobre el módulo de potencia. Este ultimo módulo permite que las señales de control del FPGA suministren la potencia necesaria para mover un motor (está conformado de puentes H).

En el siguiente pseudocódigo se puede ver el funcionamiento de la unidad de control basada en la máquina de estados.

La unidad de control realiza el procesamiento de los datos y está compuesta por una arquitectura implementada en FPGA que toma como entrada el dato de 8 bits del ADC, la señal del control remoto y la información de los sensores piro-eléctrico y fotorresistencia. También contiene la unidad de control y un multiplexor que sirve para seleccionar una de las cuatro velocidades existentes en el sistema. Este módulo tiene 6 salidas (EO1, EO2, EO3, EO4, LED, BUZZER) de las cuales las cuatro primeras son las que se mandan al sistema de acoplamiento, ver Figura 5.

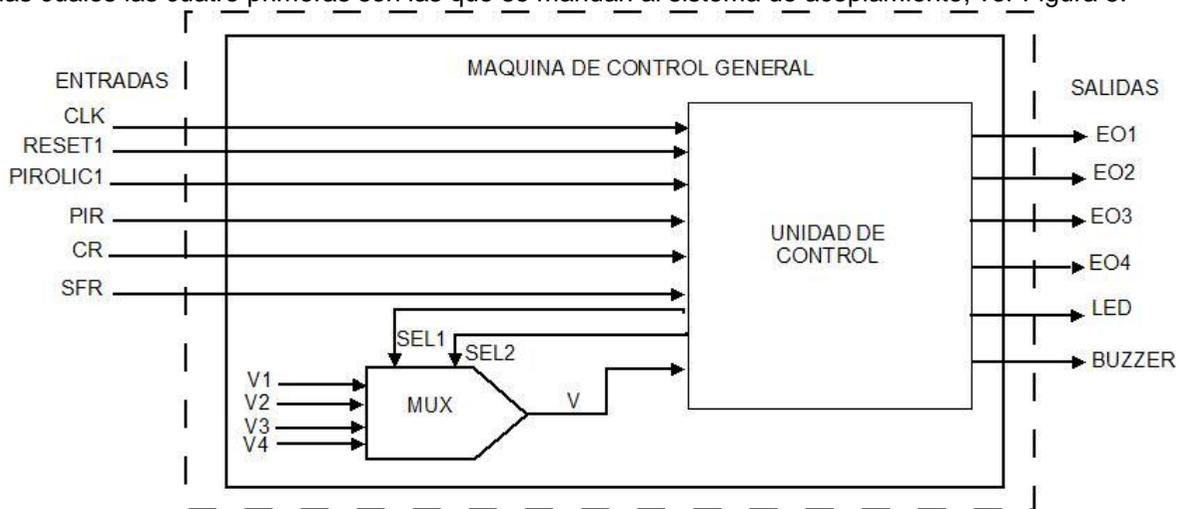


Figura 5: Diagrama de caja negra del control del robot móvil.

La unidad de control está basada en una máquina de estados finitos (FSM, *Finite State Machine*), cuyo diagrama de estados se muestra en la Figura 6.

INICIO

Si ControlRemoto=0 entonces apagar motores

Si ControlRemoto=1 entonces girar a la derecha

Si PIROLIC1=0 entonces giramos a la derecha



Si PIROLIC1=1 entonces robot avanza

Si $PIR < PRIMERA$ entonces robot avanza con velocidad 1

Si $PIR > PRIMERA$ y $PIR < SEGUNDA$ entonces robot avanza con velocidad 2

Si $PIR > SEGUNDA$ y $PIR < TERCERA$ entonces robot avanza con velocidad 3

Si $PIR > TERCERA$ y $PIR < CUARTA$ entonces robot avanza con velocidad 4

Si $SFR = 1$ entonces $LED = 1$

Si $SFR = 0$ entonces $BUZZER = 1$

FIN

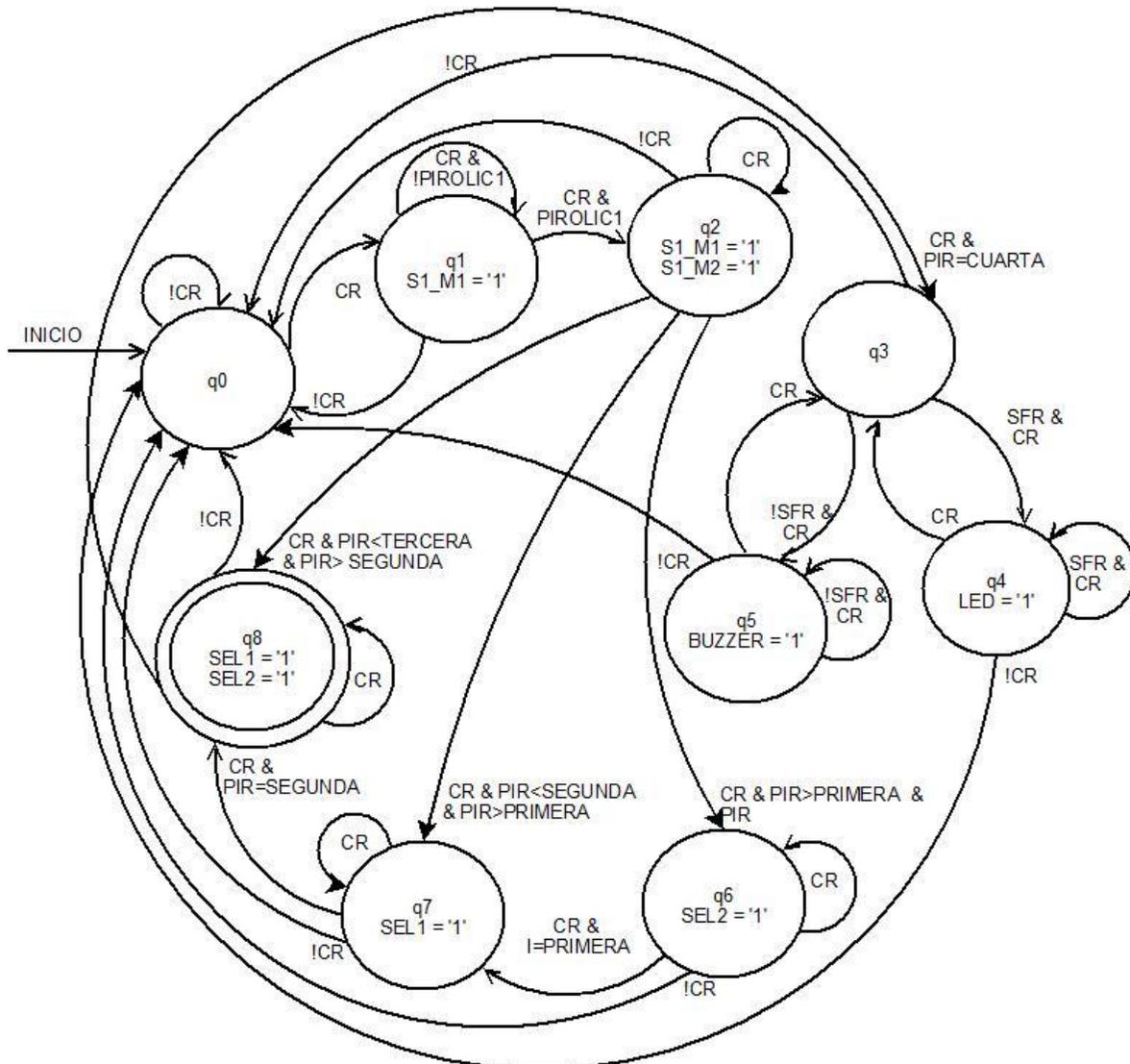


Figura 6: Unidad de control.

El sistema completo utiliza dos sensores piro-eléctricos: uno para conocer la presencia de una persona (está diseñado para generar una señal digital de 1 o 0) y otro para estimar la cercanía de una persona. Para este segundo sensor, se acondiciona en forma analógica para generar un rango de valores digitales en 8 bits. El sensor de calor humano (piro-eléctrico) proporciona datos



analógicos que varían según a la distancia que se encuentra una persona de éste. Para convertir estos datos a formato digital se utilizó un convertidor analógico-digital (ADC). La unidad de control procesa los datos proporcionados por el sensor piro-eléctrico para establecer cuatro rangos a partir de la distancia entre el sensor y la persona. El robot estimará la distancia a la que se encuentra la persona al evaluar los rangos de temperatura que detecte el sensor y así el robot avanzará hasta donde se encuentre la persona detectada. En este punto es donde operan las funciones de velocidad de los motores, ya que si la persona está muy alejada del robot, éste avanzara a su máxima velocidad y cuando ya esté más cerca de su objetivo, el robot disminuirá su velocidad; el robot se detendrá al momento de estar a una distancia cercana de la persona.

El FPGA no puede suministrar la potencia necesaria para mover un motor, por otro lado, el motor va alimentado a 12 Volts, mientras que el FPGA opera a 3.3 Volts, por lo tanto, las tensiones tampoco corresponden. El módulo de potencia permitirá suministrar la corriente necesaria para mover un motor (está conformado de puentes H). Para esto, se utilizó el circuito integrado L293B [8] que permite controlar de forma sencilla el motor. El diagrama de conexión se muestra en la Figura 7.

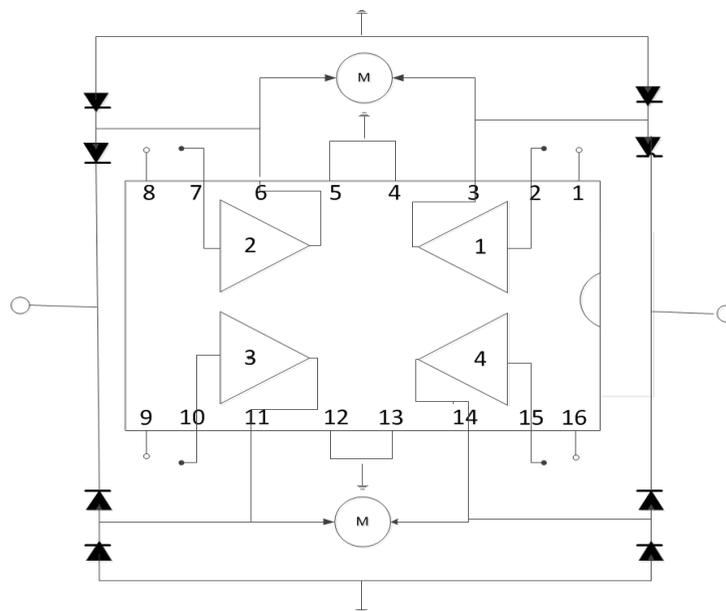


Figura 7. Esquema de la electrónica requerida para suministrar potencia al motor.

Para evitar que corrientes o tensiones altas lleguen al FPGA desde el motor, es recomendable aislar la parte del FPGA de la del motor. Para realizar esto, se utilizan optoacopladores [9]. Los optoacopladores funcionan en su interior como un led que al recibir corriente eléctrica se enciende de tal manera que se active un foto-interruptor (como si cerrara los contactos de este interruptor). Esta salida al recibir electricidad podrá activar algún TRIAC o SCR (Rectificador Controlado de Silicio), para comandar etapas de mayor potencia, de esta manera estaría separada la etapa que genera el comando y la parte final de potencia, que en el caso de este trabajo es para manejar a los búferes del L293, ver Figura 8.

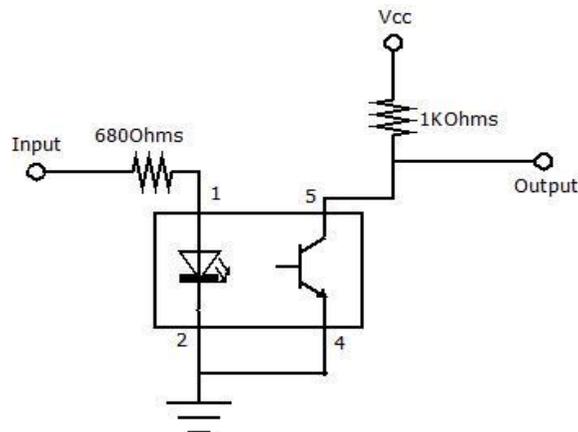


Figura 8 .Esquema de conexión del optoacoplador.

5.- RESULTADOS

Se implementó y válido el sistema mediante el uso de la tarjeta de desarrollo FPGA Spartan 3 Starter Kit y tabletas de pruebas. La arquitectura hardware de la máquina de control general fue descrita en Active-HDL 8.3 utilizando el lenguaje VHDL y simulada e implementada utilizando la herramienta de Xilinx ISE 13.2.

También se realizaron pruebas con la fotorresistencia para ver que el funcionamiento fuera el correcto y tener un sistema sintonizable, dependiendo de la cantidad de luz que se deseaba establecer como oscuro o iluminado. Para la cantidad de temperatura que detectaban los sensores piro-eléctricos se definieron valores constantes y que dependen del lugar donde se encuentre una persona con elementos de ajuste de sensibilidad.

Para el módulo de ADC se tuvieron que realizar primeramente pruebas con el sensor piro-eléctrico para que se estimaran los rangos en la distancia entre el sensor y el robot, y así obtener los rangos para definir la velocidad a la que correrá el robot.

Los resultados que se obtuvieron es la implementación del prototipo del robot centinela autónomo con control de giro y velocidad de sus dos motores de corriente directa, muestran que la configuración del FPGA requiere de 42 slices, operando a una frecuencia máxima de 134.76 MHz. Estos resultados de implementación se detallan continuación
Mínimo periodo: 7.423ns (Máxima frecuencia: 134.716 MHz).

Reporte resumen del diseño:

Número de Puertos E/S	12 out of 232	5%
Number of BUFGMUXs	1 out of 24	4%
Number of Slices	42 out of 4656	1%
Number of SLICEMs	0 out of 2328	0%

Los resultados anteriores de los reportes muestran una frecuencia máxima, pero el sistema fue validado en la tarjeta de desarrollo descrita previamente, la cual opera a 50 MHz y requiriendo los 42 slices. El sistema respondió adecuadamente utilizando un conjunto de vectores de prueba.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO CA-9.



6.- CONCLUSIONES

La herramienta ISE de Xilinx brinda un entorno completo de diseño en donde se puede desarrollar, simular, sintetizar, implementar y descargar el diseño de cualquier circuito digital. El uso de la herramienta Xilinx ISE facilita el diseño del sistema, ya que provee un simulador y enlaces rápidos hacia la configuración de la tarjeta de desarrollo.

El FPGA es un dispositivo que implementa módulos operando en paralelo y concurrentemente, lo que proporciona gran velocidad de procesamiento.

Con el lenguaje utilizado, VHDL, se diseñan y modelan sistemas digitales en términos lógicos, aunque hay que investigar y analizar la mejor distribución de los elementos internos que pueden ser combinacionales, secuenciales o una combinación de ambos. Se puede reciclar código en el diseño del lenguaje de hardware y a su vez optimizarlo, además de que se trabajó en módulos independientes. El robot centinela propuesto es un prototipo que tiene un gran campo de aplicación enfocado principalmente a la seguridad. Este robot fue pensado para el área de vigilancia ya que una persona no puede estar vigilando las 24 horas del día, en cambio este robot puede vigilar día y noche.

El diseño de la máquina de estados ayudó a visualizar el comportamiento general del sistema. Su simplicidad es fácil para los desarrolladores sin experiencia, son rápidos de diseñar e implementar y son relativamente flexibles en su implementación.

Un trabajo a futuro para este robot es en lugar de utilizar un LED o zumbador (alarmas lumínicas y sonoras) como salidas, se está pensando en implementar una pistola de choque eléctrico para inmovilizar a la persona, así como colocarle una sirena para que el ruido sea más fuerte.



7.- REFERENCIAS

1. Jennifer Rodríguez Navarrete, Creación de los experimentos del curso IE0524, IE-0502 Proyecto Eléctrico, Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, Agosto (2009).
2. Sung-nam Oh, Sung-Ui Lee, Kab-Il Kim, *International Journal of Control, Automation, and Systems*, Design of a Biped Robot Using DSP and FPGA, Vol. 1, No. 2, June (2003).
3. Mr. S. S. Shriramwar, Ms. Shilpa Kale, *FPGA-based Controller for a Mobile Robot*, International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 3, No. 1, (2009).
4. Isabel Cortés de la Vega, *Robot autónomo como nodo móvil de redes de sensores*, Proyecto de fin de carrera, Universidad Autónoma de Madrid, Junio (2011).
5. J. Prieto, O. Ramos, A. Delgado, *Diseño de un agente digital en FPGA y Matlab con aplicaciones en robótica móvil*, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
6. Rev H, *ERA Mobile Robot*, User's Manual, October 2009, Player Software v. 2.0.4.
7. National Semiconductor, *ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters*, Hoja de especificaciones, National Semiconductor, (2001).
8. SGS-THOMSON Microelectronics, *L293B L293E*, Hoja de especificación, SGS-THOMSON Microelectronics (1994).
9. Motorola Semiconductor Technical Data, *4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28*, Hoja de especificación, Motorola Semiconductor Technical Data (1995).



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RNA EN FPGA PARA EL RECONOCIMIENTO DE OBJETOS SIMPLES

**Claudia Cortés López, Ignacio Algreto-Badillo,
Ernesto Cortés Pérez, Silvia Reyes Jiménez**

Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec
Ciudad Universitaria S/N, Barrio Santa Cruz, 4a. Sección,
Sto. Domingo Tehuantepec, Oaxaca, CP 70760, tel:01-971-5224050.
clcortes.lp@gmail.com, algreodobadillo@sandunga.unistmo.edu.mx, cope_144@hotmail.com,
chivisza9@gmail.com

Resumen. Para que las computadoras, sistemas digitales o robots puedan realizar diversas actividades como lo haría un ser humano, es necesario tener un sistema robusto de reconocimiento de objetos que asemeje a los procesos de análisis como lo hacen las personas. El área que más acerca a esta funcionalidad se basa en técnicas de Inteligencia Artificial. En este trabajo se presenta la simulación e implementación de una red neuronal artificial para el reconocimiento de objetos. Se propone una arquitectura de red multicapa con entrenamiento Backpropagation. Se realiza la simulación software de la red neuronal y la implementación hardware de la etapa de reconocimiento. Se presenta el desarrollo de la simulación, los valores obtenidos y denominados pesos y cómo se utilizan esos pesos en la implementación hardware. Los resultados de la implementación hardware muestran un uso de 147 slices a una frecuencia de operación de 186.644MHz en un dispositivo FPGA Kintex-7k325.

.Abstract. For computers, digital systems or robots perform several activities as would a human being, it is necessary to have a system object recognition that resembles analysis processes as the people does. The area about this functionality is based on Artificial Intelligence techniques. This paper presents the simulation and implementation of an artificial neural network for object recognition. It is proposed a multi-layer network architecture with Backpropagation training. Simulation is performed in the neural network software and then, hardware implementation is made. It is reported the development of the simulation, the values obtained named weights and how to use those weights in the hardware implementation. The results show hardware implementation of 147 slices to use an operating frequency of 186.644MHz in an FPGA Kintex - 7k325.

1. Introducción

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son modelos matemáticos basados en el funcionamiento del sistema nervioso humano aplicadas a tareas donde se requiere inteligencia. Son artificiales porque son implementadas a través de algoritmos computacionales basados en un modelo biológico. De esta manera, las RNA están inspiradas en las redes neuronales biológicas del cerebro humano y están constituidas por elementos que se comportan de forma similar a la neurona biológica en sus funciones más comunes.

Las RNA, al margen de "parecerse" al cerebro, presentan una serie de características propias del cerebro, por ejemplo, las RNA aprenden de la experiencia, generalizan de ejemplos previos a ejemplos nuevos y abstraen las características principales de una serie de datos, es decir: 1) Aprender en una RNA es adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio, ejercicio o experiencia. Ellas pueden cambiar su comportamiento en función del entorno, donde se les



muestra un conjunto de entradas y se ajustan para producir unas salidas consistentes, 2) Generalizar, extender o ampliar algo, permite a las RNA generalizar automáticamente debido a su propia estructura y naturaleza. Estas redes pueden ofrecer, dentro de un margen, respuestas correctas a entradas que presentan pequeñas variaciones debido a los efectos de ruido o distorsión, y 3) Abstractar, aislar mentalmente o considerar por separado las cualidades de un objeto habilita a que algunas RNA sean capaces de abstraer la esencia de un conjunto de entradas que aparentemente no presentan aspectos comunes o relativos [1].

Estas cualidades permiten que las redes neuronales sean muy utilizadas para el reconocimiento de objetos ya que pueden realizar su función de forma eficaz discriminando perturbaciones como pueden ser el ruido, el brillo, el color, entre otros factores como lo harían los seres humanos. Hay diferentes tipos de redes neuronales y la elección depende de la aplicación que se quiera realizar. Al inicio y durante varios años no se obtuvo algún tipo de éxito en el diseño de algoritmos de entrenamiento del tipo de redes multicapa, ya que había problemas de diseño al presentar una severa limitación de los sistemas de una capa, por lo que el mundo de la computación neuronal entró en un obscurecimiento y abandono casi general durante dos décadas. En los últimos años se ha retomado el camino siendo las RNA muy utilizadas en distintos campos de acción y la red con entrenamiento *Backpropagation* es una de las más populares en el reconocimiento de objetos. Actualmente, con el desarrollo de la redes neuronales, se encuentran máquinas que tratan de asemejar el comportamiento del cerebro humano logrando desarrollar aplicaciones como el reconocimiento de imágenes, del habla, caracteres, control de robots, etcétera. Las RNA son muy eficientes en cuanto al reconocimiento de objetos gracias a su robustez, la tolerancia a fallas, su flexibilidad, capacidad de aprendizaje, entre otras características y hay varias formas de realizar la implementación, ya sea desde el punto de vista de software o de hardware.

Las implementaciones en software utilizan elementos que se enlazan a una naturaleza secuencial y es difícil lograr un sistema paralelo con estos elementos, aunque son muy flexibles. Por otro lado, las implementaciones en hardware tienen mayor velocidad de procesamiento, además de que pueden tener módulos operando concurrentemente y en paralelo como en el FPGA (*field programmable gate array*), debido a que estos dispositivos tienen la ventaja de que es posible implementar de forma eficiente algoritmos paralelos.

Los FPGAs se basan en una matriz bidimensional de bloques configurables que se pueden conectar mediante recursos generales de interconexión. Estos recursos incluyen segmentos de pista de diferentes longitudes, más unos conmutadores programables para enlazar bloques a pistas o pistas entre sí. En realidad lo que se programa en una FPGA son los conmutadores que sirven para realizar las conexiones entre los diferentes bloques, más la configuración de los bloques [3].

En este trabajo se presenta la simulación en una computadora personal e implementación en FPGA de una RNA para el reconocimiento de objetos simples, se describe la arquitectura propuesta de red para la que se eligió una red neuronal multicapa con entrenamiento *Backpropagation*. El diseño propuesto de la red requiere de tres partes: entrenamiento, validación y reconocimiento. El entrenamiento proporciona valores denominados pesos, las cuales son utilizadas para validar el funcionamiento en la segunda etapa de validación, para que en el reconocimiento pueda identificar los objetos. La simulación de la red se realizó utilizando Matlab 2010a y la implementación en hardware se realizó utilizando System Generator para posteriormente realizar la co-simulación con el FPGA.



2. Redes Neuronales Artificiales v Red/Algoritmo Backpropagation

La invención del algoritmo de entrenamiento *Backpropagation* ha desempeñado un papel vital en el resurgimiento del interés de las redes neuronales artificiales. *Backpropagation* es un método de entrenamiento de redes multicapa. Su potencia reside en su capacidad de entrenar capas ocultas y de este modo supera las posibilidades restringidas de las redes de una única capa.

Arquitectura de la red Backpropagation. Una red neuronal consiste en un conjunto de neuronas conectadas de una forma concreta. La unidad procesadora básica de la red *Backpropagation* se representa en la Figura 1. La unidad procesadora se caracteriza por realizar una suma ponderada de las entradas llamada S_j , presentar una salida a_j y tener un valor δ_j asociado que se utilizará en el proceso de ajuste de los pesos. El peso asociado a la conexión desde la unidad i a la unidad j se representa por W_{ji} , y es modificado durante el proceso de aprendizaje. Generalmente las neuronas o unidad procesadora están organizadas en grupos llamados niveles o capas.

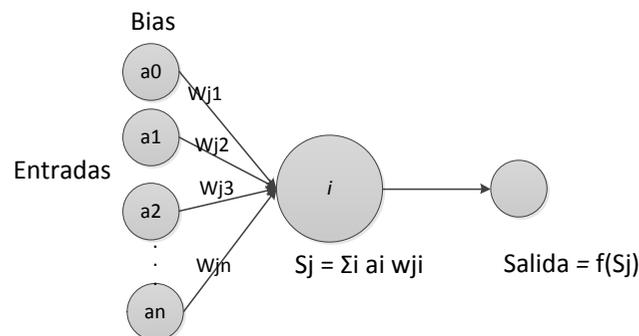


Figura 1. Unidad Procesadora Básica *Backpropagation*.

Normalmente, la *Backpropagation* utiliza tres o más capas de unidades procesadoras. La Figura 2 muestra la topología *Backpropagation* típica de tres capas. La capa inferior es la capa de entrada, y se caracteriza por ser la única capa cuyas unidades procesadoras reciben entradas desde el exterior. Estas unidades son utilizadas como puntos distribuidores y no realizan ninguna operación de cálculo. La siguiente capa superior es la capa oculta, y todas sus unidades procesadoras están interconectadas con la capa inferior y con la capa superior. La capa superior es la capa de salida que presenta la respuesta de la red.

Algoritmo de entrenamiento. Las redes neuronales son entrenadas con diferentes algoritmos según sea el contexto en el que se desenvuelva y también varían de acuerdo al modelo de la red. Las redes *Backpropagation* tienen un método de entrenamiento supervisado. A la red se le presenta parejas de patrones: un patrón de entrada emparejado con un patrón de salida deseada. Por cada presentación, los pesos son ajustados de forma que disminuya el error entre la salida deseada y la respuesta de la red. El algoritmo de aprendizaje *Backpropagation* conlleva una fase de propagación hacia adelante y otra fase de propagación hacia atrás. Ambas fases se realizan por cada patrón presentado en la sesión de entrenamiento [1].

La fase de propagación hacia adelante se inicia cuando se presenta un patrón en la capa de entrada de la red. Cada unidad de la entrada se corresponde con un elemento del vector patrón de entrada. Las unidades de entrada toman el valor de su correspondiente elemento del patrón de entrada y se calcula el valor de activación o nivel de salida de la primera capa. A continuación las demás capas realizarán la fase de propagación hacia adelante para determinar el nivel de



activación de las otras capas. La unidad procesadora j obtiene la cantidad $S_j = \sum_i a_i w_{ji}$ y genera la salida o nivel de activación $Salida = f(S_j)$. El valor de la salida de la unidad j es enviado o transmitido a lo largo de todas las conexiones de salida de dicha unidad. La función $f(S_j)$ es una función umbral genérica o de activación, entre las que cabe destacar la Sigmoid y la función Hiperbólica.

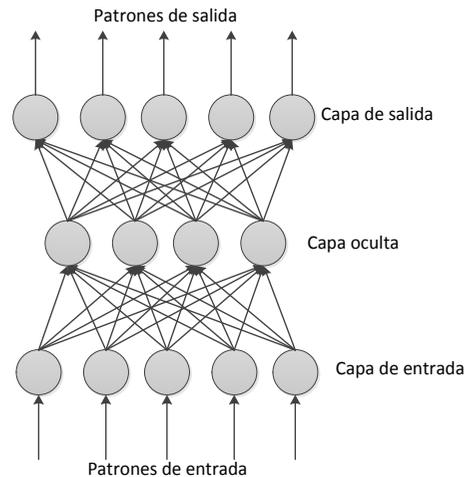


Figura 2. Red *Backpropagation* completamente interconectada.

Una vez que se ha completado la fase de propagación hacia adelante, se inicia la *fase de corrección o fase de propagación hacia atrás*. Los cálculos de las modificaciones de todos los pesos de las conexiones empiezan por la capa de salida y continua hacia atrás a través de todas las capas de la red hasta la capa de entrada. Dentro de los tipos de ajuste de pesos se puede clasificar dos grupos, ajuste de unidades procesadoras de la capa de salida y ajuste de unidades procesadoras de las capas ocultas.

El ajuste de Pesos de la Capa de Salida es relativamente sencillo debido a que existe y se conoce el valor deseado para cada una de las unidades de la capa de salida. Cada unidad de la capa de salida produce un número real como salida y se compara con el valor deseado especificado en el patrón del conjunto de entrenamiento. A partir del resultado de la comparación se calcula un valor de error $\delta_j = (t_j - a_j) f'(S_j)$ para cada unidad de la capa de salida, siendo t_j el valor de salida deseado y f' la derivada de la función umbral f . La Figura 4 muestra el cálculo de los valores δ_j de las unidades de la capa de salida y la obtención del valor δ_j para las unidades de las capas ocultas.

En el ajuste de pesos de las capas ocultas las capas no tienen un vector de salida deseado y por tanto no se puede seguir el método de propagación de error mencionado en el caso de unidades procesadoras de la capa de salida. El valor de error calculado para este tipo de unidades procesadoras se obtiene a partir de $\delta_j = [\sum_k \delta_k W_{kj}] f'(S_j)$. La Figura 5 representa el ajuste de los pesos asociados a las conexiones se realiza a partir del valor de cada unidad de proceso. Cada peso es ajustado según la regla generalizada, es decir $\Delta w_{ji} = \eta \delta_j a_i$. La variable η es el coeficiente de aprendizaje. Este coeficiente, normalmente entre 0.25 y 0.75 refleja el grado de aprendizaje de la red. Algunas veces este coeficiente es modificado de un valor inicial alto a valores progresivamente menores durante la sesión del entrenamiento con el objetivo de lograr un mejor aprendizaje. Un proceso importante de la red que involucra el aprendizaje y error es la



convergencia. En el proceso de entrenamiento o aprendizaje de la *Backpropagation* es frecuente medir cuantitativamente el aprendizaje mediante el valor RMS (*Root Mean Square*) del error de la red. Esta medida refleja el modo en el que la red está logrando respuestas correctas; a medida que la red aprende, su valor RMS decrece. Debido a que los valores de salida de la red y los valores de salidas deseadas son valores reales, es necesario definir un parámetro de corte o un valor umbral del valor RMS del error de la red que permita decir que la red se aproxima a la salida deseada y considerar que la respuesta es correcta. La convergencia es un proceso en el que el valor RMS del error de la red tiende cada vez más al valor 0. La convergencia no siempre es fácil de conseguirla porque a veces el proceso puede requerir un tiempo excesivo o bien porque la red alcanza un mínimo local y deja de aprender.

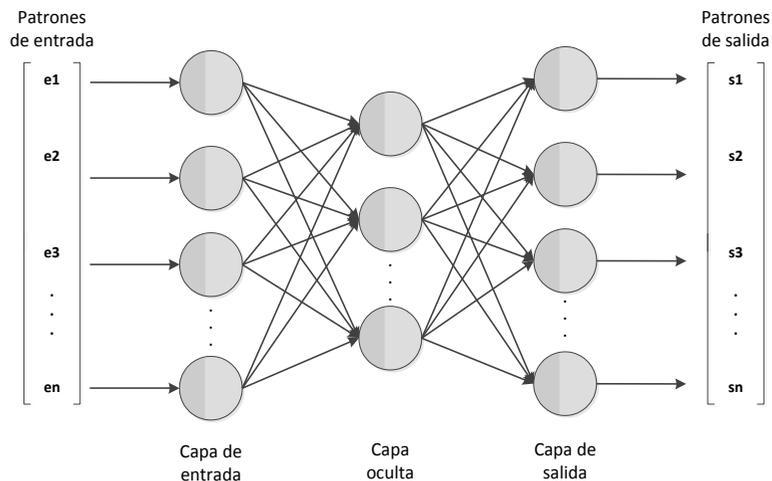


Figura 4. Cálculo de los valores δ_j de la Capa de Salida.

3. Sistema Propuesto

El sistema propuesto se basa en una RNA con entrenamiento *Backpropagation* que permita reconocer objetos aproximándose a como lo haría un ser humano y, al tener una estructura paralela, se diseñará una arquitectura hardware para ser implementada en FPGA. La metodología de diseño en forma general se muestra en la Figura 6.

La metodología se divide en varios módulos, primero se elige el conjunto de imágenes a trabajar para procesarlas y obtener la firma que contiene las características de la imagen. A partir del conjunto se obtendrán la firma que servirán para el entrenamiento de la red.

Posteriormente se realizara la simulación en software de la arquitectura de la red con su respectivo algoritmo de entrenamiento. Siguiendo con el entrenamiento de la red con el conjunto de firmas obtenidas, la red una vez entrenada se realizara validaciones para su correcto funcionamiento.

Concluida la etapa de validación de la simulación software se obtienen unos pesos que sirven para implementar la parte de reconocimiento de la red en hardware. Una vez concluida la etapa de implementación hardware se realizan las pruebas necesarias para validar el reconocimiento de la arquitectura. Por último se recopilaran los datos obtenidos de la simulación e implementación hardware para realizar una comparativa entre la implementación en hardware como en la de software.

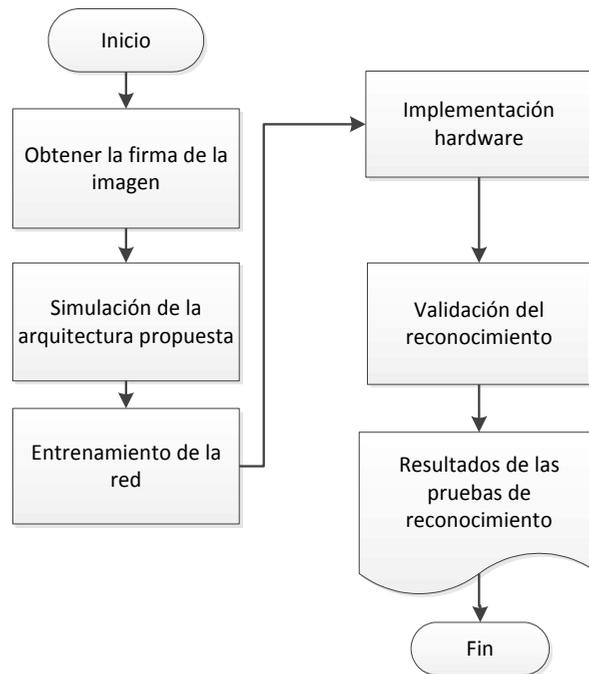


Figura 6. Diagrama de secuencia.

Existen trabajos donde utilizan diferentes arquitecturas de red por el tipo de aplicación que están realizando, por ejemplo, en el trabajo de Jesús Manuel Besada Juez y Miguel Ángel Sanz Bobi [4] desarrollan la identificación de un número indeterminado de diferentes objetos sobre una superficie dispuestos en cualquier orden. Para ello utilizan una red Perceptrón multicapa para la identificación de objetos utilizando sólo los bordes, posteriormente, después de realizar el entrenamiento y el identificado de cada objeto, un brazo robot es el encargado de la clasificación. La arquitectura de la red que utilizan es una multicapa con 4 neuronas de entrada, 12 en la capa oculta y 8 en la capa de salida.

Por otro lado, Diana Lucia Clavijo Rodríguez y cols. [5] desarrollan una aplicación de redes neuronales para el diagnóstico de enfermedades coronarias mediante una predicción automática y exacta de las fallas del corazón a partir del análisis de electrocardiogramas (ECG). Utilizaron la red neuronal Backpropagation con una arquitectura inicial de 6 neuronas en la capa de entrada, 5 en la capa oculta y 3 en la capa de salida.

La red que se propone en este trabajo es la que se utilizara como una red inicial para la simulación en software y para el entrenamiento y, después, se realizará la implementación hardware de la misma y se probará su eficiencia. Esta red solo es la base que abrirá camino a nuevas pruebas con redes de diferente arquitectura y comportamiento.

4. Implementación

La arquitectura propuesta para la simulación software y hardware de la red se muestra en la figura 7. Primero se realizará la simulación software de la red para realizar el entrenamiento de los pesos que serán utilizados posteriormente en la implementación hardware. Esta arquitectura propuesta consiste en una red de tres capas, treinta y dos elementos en la capa de entrada, cinco neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida. La simulación de la red se realizó utilizando



Matlab 2010a y la implementación en hardware se realizó utilizando System Generator para posteriormente realizar la co-simulación con el FPGA.

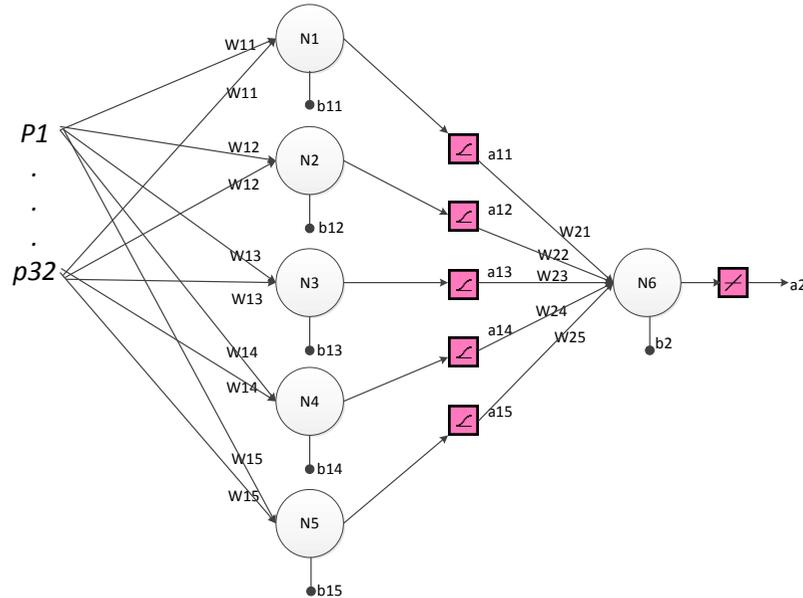
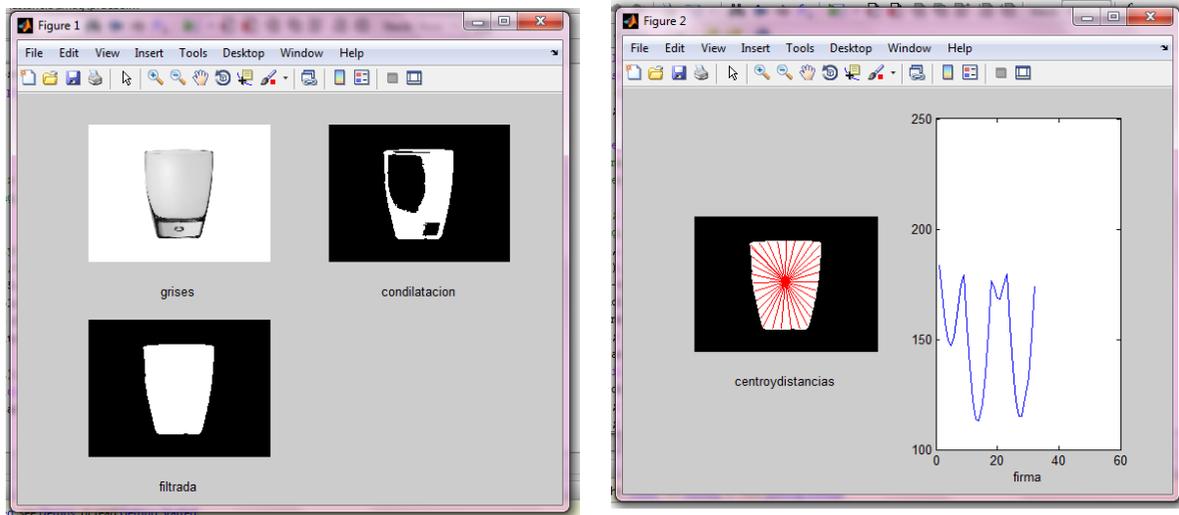


Figura 7. Arquitectura para una red de 5 neuronas con 32 elementos de entrada.

El conjunto de figuras que se utilizan en el entrenamiento de la red son vasos y objetos circulares, fotografías donde los objetos poseen diferentes características como en tamaño y forma. Para obtener el conjunto de características se emplea un algoritmo con diferentes operaciones, lo que permite procesar la imagen y así obtener la firma que representa el vector del tamaño del objeto.



(a) (b)
Figura 11. (a) Imagen en escala de grises, con efecto cerradura, dilatación y filtrada y (b) Imagen con centroide y distancias, gráfica del patrón

La firma fue utilizada para entrenar la red y también para la etapa de reconocimiento. La generación de la firma de la imagen quedó implementada mediante el siguiente pseudocódigo desarrollado en Matlab:



Inicio

leer imagen a colores para procesar

generar cuatro imágenes en secuencia: escala de grises, umbralizada, binarizada e invertida

aplicar operaciones sobre el contorno: cerradura, dilatación y filtrado.

obtener las propiedades de la imagen: bordes, etiqueta y región.

calcular el centroide de la imagen: $Y = \text{centroide } 1$, $X = \text{centroide } 2$

iniciar con el primer punto del contorno

Repetir <- dibujar punto en posición boundaries

Escribir línea en posición X, Y

Calcular nueva distancia

Hasta i igual a 32

Fin

Las siguientes figuras muestran los resultados de trabajar una imagen con el anterior pseudocódigo, la figura 11.a muestra el proceso de la imagen después de convertirla a escala de grises y posteriormente aplicar operaciones de cerradura, dilatación y filtrado para obtener la forma completa del objeto en blanco. La figura 11.b muestra en la parte izquierda el resultado de calcular el centroide de la imagen y el cálculo de las distancias del centro al contorno del objeto, mientras que en la parte derecha se muestra la grafica que representa la firma obtenida del objeto. La implementación en software de la red abarcó la etapa de entrenamiento de la red, la cual nos sirvió para determinar las características de la red y la etapa de entrenamiento que posteriormente se implementa en hardware que fue el objetivo del proyecto. El pseudocódigo del algoritmo implementado en Matlab para una serie de patrones de entrada se describe en el siguiente pseudocódigo, donde los vectores P y T fueron previamente definidos, el vector P representa el conjunto de firmas de todas las imágenes para el entrenamiento y el vector T representa las etiquetas que identifican a cada tipo de objeto.

Inicio

Asignar valor inicial de la bias, alpha, épocas y neuronas

Truncamos a P para tener solo valores enteros

Asignar rango para los pesos y bias

repetir

asignar un valor a $b_1, b_2, b_n, W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$

inicializamos los vectores de patrones y bias auxiliares

hasta i igual al numero de neuronas

aplicar traspuesta a los vectores de bias, pesos y patrones

repetir

repetir

p<- asignamos una columna de la matriz P en la posición i

repetir

pw1 <- limpiamos la variable igualando a 0

hasta c igual al numero de neuronas

repetir

a0<- asignamos un valor de p en la posición j

pw1<- $pw1 + (W_1 * a_0)$

hasta j igual a longitud de la variable p

aux <- quitamos la parte decimal de $pw1 + b_1$

aplicar la función logsig y purelin a las variables a1 y a2 respectivamente



calcular el error y la sensibilidad

Mat<- construimos la matriz diagonal

repetir

Mat <- rellenamos la matriz con las derivadas sobre los valores de a1

hasta a igual a longitud de a1

calcular la nueva sensibilidad, pesos y bias de los vectores principales

asignar los nuevos valores a b1,W2, W1 y b2

hasta i igual a longitud del vector T

hasta k igual a épocas

aplicar traspuesta al vector patron

repetir

repetir

pw1 <- inicializamos a cero

hasta i igual a neuronas

hasta c igual a longitud de T

p<- asignamos una columna de la matriz P

repetir

a0<- asignamos un valor de p en la posición j

pw1<- pw1+(W1*a0)

aux <- quitamos la parte decimal de pw1+b1

aplicar la función logsig y purelin a las variables a1 y a2 respectivamente, a2 indica si reconoció el objeto

hasta j igual a longitud de p

Fin

Para definir las características de la red se realizaron una serie de pruebas con diferentes números de neuronas, épocas y con una matriz de pesos previamente calculada. Los resultados de las pruebas para un caso sencillo de cinco neuronas quedaron como se muestra en la Tabla 1. Como se puede ver el número ideal de épocas respecto al número de neuronas es a partir de 10 a 20 de acuerdo al número de pruebas realizadas.

Épocas	Neuronas	Aprendizaje	Reconocimiento
5	5	1.0061	0.9991
10	5	1.0000	1.0000
15	5	1.0000	1.0000
20	5	1.0000	1.0000

Tabla1. Evaluación entre la etapa de entrenamiento y reconocimiento para una red de 5 neuronas. Como se puede observar para el caso de cinco neuronas los valores óptimos se encuentran entre 10 y 20 épocas, para un caso sencillo se tomó como caso base para la implementación de la red

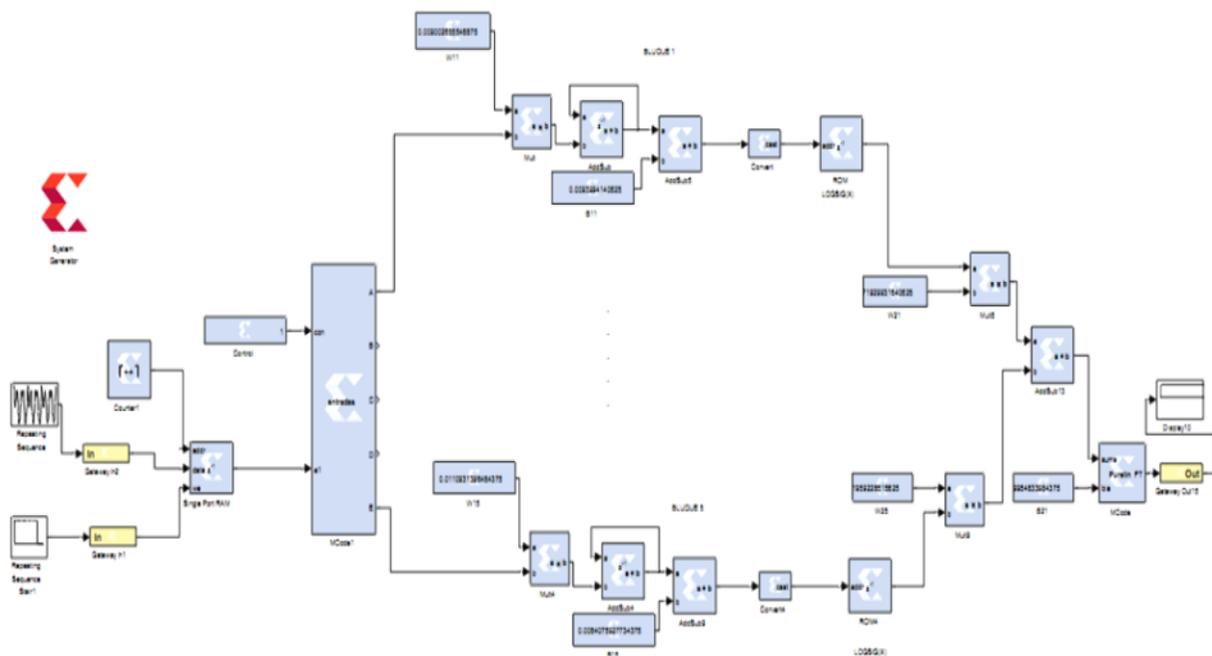


20 épocas para la etapa de entrenamiento con 5 neuronas ya que para trabajos posteriores se analizara el comportamiento de la red con un mayor numero de patrones, neurona y épocas.

Después se configuran los bloques en System Generator considerando los pesos que se obtuvieron en la simulación e implementación software. La arquitectura hardware tiene un diagrama a bloques como se muestra en la Fig. 12.

5. Resultados

Se implementó una red neuronal con 32 elementos en el patrón de entrada, 5 neuronas para la capa oculta y una única neurona en la capa de salida. A partir de la implementación de la red en Matlab se logró diseñar una red simple que se adaptara a las necesidades del sistema y para su implementación en System Generator, se realizaron ajustes a la red implementada para que los resultados del sistema concordaran con los obtenidos en la etapa de reconocimiento implementada en Matlab. Después de las configuraciones se obtuvo un resultado aproximado al obtenido al de la red en Matlab con una diferencia de céntimas por



parte de la red en System Generator.

Figura 12. Arquitectura hardware de la red

El sistema se compiló en System Generator sobre Matlab 2012a y para la co-simulación los módulos en VHDL fueron generados en la herramienta Xilinx ISE Design Suite 14.2, implementado y co-simulando en el dispositivo FPGA Kintex-7k325 muestran un uso de 147 slices a una frecuencia de operación de 186.644MHz. El resumen de los reportes de la implementación se muestra a continuación.



Número de Slice Registers:	147 de 407600	0%
Número de Slice LUTs:	677 de 203800	0%
Número usado como Logic:	669 de 203800	0%
Número usado como Memory:	8 de 64000	0%

Número de LUT Flip Flop pairs usados: 680

Número de IOs:	27	
Número de Block RAM/FIFO:	3 de 445	0%
Número de DSP48E1s:	10 de 840	1%

Período del reloj: 5.358ns (Frecuencia: 186.644MHz)

Como se observa los principales recursos del Sistema para la implementación hardware se compone de 8 bloques de memoria, 680 flip flop, 27 puertos, 3 bloques de memoria RAM, 10 DSP y la frecuencia de operación de 186.644 Mhz.

Este trabajo es beneficiado y es parte de los proyectos PROMEP denominados UNISTMO-PTC-056 y UNISTMO-CA-9.

6. Conclusiones

Las RNA son eficaces para el reconocimiento y clasificación de objetos, mostrándose en este trabajo el desarrollo de un modelo de *Backpropagation* e implementado en lógica reconfigurable. Al realizar la implementación en FPGA se comprobó la eficiencia de implementar la red en lógica reconfigurable, sin perder el nivel de paralelismo natural que la caracteriza.

La herramienta System Generator es importante porque permite realizar modificaciones sin grandes problemas de diseño hardware y permite la evaluación paso a paso para verificar el flujo correcto de los datos. Para trabajos grandes permite crear subsistemas que contienen a otros subsistemas y ello permite la interacción más visual para el desarrollo del sistema principal.

A partir de este trabajo se pretende experimentar con nuevas redes para la clasificación de objetos y hacer una comparación de eficiencia entre varios modelos en FPGA. También se desea ampliar la red neuronal para que funcione con una matriz de patrones y con una cantidad mayor de neuronas y épocas, ya que los experimentos realizados para una red pequeña fueron satisfactorios.

Este trabajo es parte de un proyecto más grande en el que se utilizará el reconocimiento de objetos orientado al control de un brazo robótico.



Referencias

[1] Xabier Basogain Olabe. Redes neuronales artificiales y sus aplicaciones. Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU. Pág. 28-34.

[2] José Manuel Marín de la Rosa. Field Programmable Gate Array.

[3] Jaime Varela Rincón, Johan Eric Loaiza Pulgarín. Reconocimiento de palabras aisladas mediante rede neuronales sobre FPGA.

[4] Jesús Manuel Besada Juez, Miguel Ángel Sanz Bobi. Reconocimiento visual de múltiples objetos sobre una superficie con redes neuronales y su clasificación mediante un brazo robot. Universidad Pontificia Comillas.

[5] Diana Lucia Clavijo Rodríguez, Marcelo Bernal Valencia, John Freddy Silva. Sistema inteligente de reconocimiento de enfermedad coronaria (isquemia). Universidad de Manizales - Facultad de Medicina. Diciembre de 2006.



FGPA IMPLEMENTATION OF A SMART CONTROL SYSTEM FOR TRAFFIC LIGHTS IN A 4-WAY INTERSECTION

Jesús García-Guzmán, Hugo Rafael Morales-Andrade y Farah Helúe Villa-López
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana

jesusgarcia@ieee.org

Abstract — Efficient traffic control systems are needed in urban traffic management so as to reduce the problem of traffic congestion and to control the flow of vehicles. Traffic lights sequence and timing at road junctions are of special importance for these traffic control schemes. This paper deals with the design of an intelligent traffic lights control system for a four-way road intersection. The developed system has been implemented on a field programmable gate array (FPGA) and it automatically adjusts the timing of the traffic lights, in real time and in accordance with the actual density of vehicles at each approach of the junction, thus optimizing the flow of vehicles and alleviating traffic congestion. A description of the proposed system and its digital implementation is presented, together with the simulation results.

1. INTRODUCTION

In recent years, urban traffic problems have significantly increased worldwide because of the limited transport infrastructure of the cities and the growing number of vehicles on the roads, caused by the rapid economic development, the population growth, and urbanization. Traffic congestion is the most common problem, which involves slower speed of the flow of vehicles, longer waiting periods, longer waiting queues and increased fuel consumption by the cars, becoming, therefore, an increasingly important issue needing to be considered.

To cope with these problems, it is important to develop efficient traffic control schemes in order to improve the transportation system and the traffic flow. One important topic addressed by the so called Intelligent Transportation Systems (ITS) is, precisely, the development of traffic control technologies and the management of road traffic in order to improve traffic environment, optimize the flow of vehicles and ease the traffic condition.

Traffic lights are primarily used to control flow of traffic at road junctions, establishing who has the right of way at a given moment in order to provide safety when crossing the intersections, not only for vehicles but also for pedestrians. The proper control of traffic lights at road intersections, namely sequence and light timing length is, therefore, of great importance in the road traffic systems so as to avoid accidents and, in particular, traffic congestions.

Several works related to the development of traffic lights control systems have been previously reported [1-10]. These systems can be divided into two main categories: the fixed-time strategies and the traffic-responsive strategies [11]. Fixed-time traffic lights control schemes have been developed since several years by means of numerical models and statistical methods to determine light time length and sequence at road junctions [1-4]. Nowadays, this fixed-cycle control system is still being used in many cities worldwide. However, it does not take into account important real-time traffic information such as traffic volume, flow of vehicles and waiting time. Other related characteristics such as number of lanes and the effects on consecutive roads and intersections are weakly considered by this approach, and special circumstances such as cars accidents and ambulances on the road are not taken into consideration. The lack of consideration of these parameters can lead to inefficient traffic control systems, and, therefore, to complicated traffic conditions, i.e. congestions and the consequent waste of time.

Aiming to improve and optimize the control of traffic, intelligent-adaptive traffic lights control systems make use of sensors so as to detect the vehicles and measure the real-time traffic flow at road intersections. According to this information, i.e. real-time vehicles volume and density at each approach of the junction, the timing length and sequence of the traffic lights can be adjusted [5-10]. Different types of sensors have been employed to develop these traffic control systems. For example, the usage of magnetic sensors to detect traffic flow and transmit the information to a



wireless sensor network has been described [5] and the implementation of image processing for controlling the traffic lights, by detecting the vehicles through images has also been proposed [6,7,9]. As a preliminary stage, the simulation of traffic control schemes is of great importance for the evaluation and validation of systems before they can be implemented in the real traffic environment. In this paper, the FPGA implementation of an intelligent traffic lights control system for a road intersection is presented. The designed system is capable to set time of the traffic signals at the junction, according to the information of traffic flow that will be provided by sensors. The algorithm was developed using Quartus II software and implemented in an Altera Cyclone II FPGA; the signals of sensors for the detection of the density of vehicles were simulated via software.

2. STRUCTURE OF THE SYSTEM

The proposed system has been designed for the control of the traffic lights at a four-way intersection, which consists on the crossing of two perpendicular avenues. These avenues are two-way roads and each one of them has two lanes. Four traffic lights are placed to alternate the right of way between these ways, i.e. east, west, north and south, and each traffic signal consists of four lights, namely red, yellow, green, and a green left-turn arrow.

The most important characteristic of the system lies in its capability to adjust the green light timing length of the traffic lights, according to the density of vehicles at each approach of the intersection and thus increase the time length of the green light when there is a larger amount of vehicles wanting to cross the intersection. A digital signal sent by sensors will determine whether there is normal or busy traffic condition.

2.1 Traffic lights sequence

In order to alternate the right of way for the vehicles at the intersection, traffic lights must follow a specified sequence. This sequence has been divided into four stages, according to the direction in which the cars will advance. These stages are depicted in Figure 1.

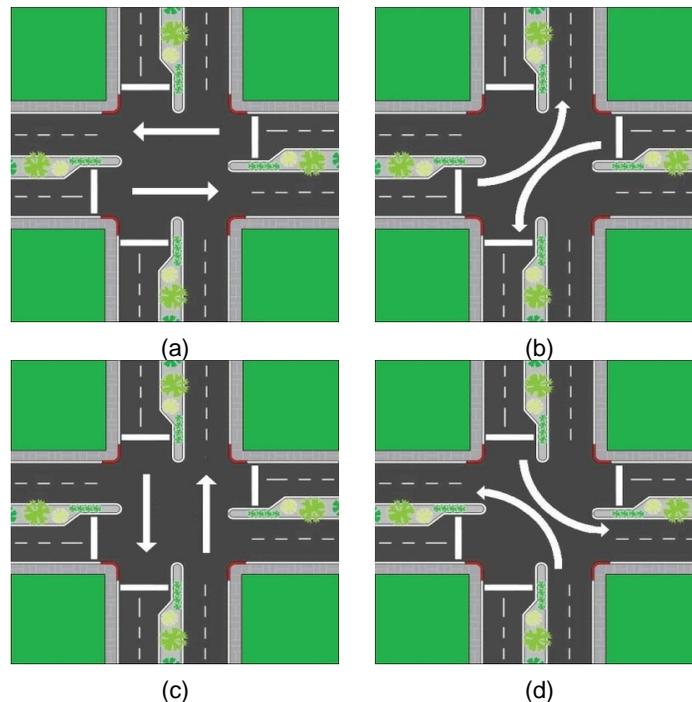


Figure 1. Stages of the traffic lights sequence: a) vehicles moving in directions 1 and 3; b) vehicles turning left coming from directions 1 and 3; c) vehicles going along directions 2 and 4; d) vehicles turning left from direction 2 and 4.



In the first stage, vehicles moving from east to west (direction 1) and from west to east (direction 3) have the right of way, allowing them to go along the road, as shown in Figure 1(a). Only the green light of the traffic signals for these directions is on, while the traffic signals controlling the perpendicular roads (north-south and south-north) are lighting red, so that the cars moving in these directions must stop.

The second stage allows the vehicles moving in the directions 1 and 3 to turn left onto the perpendicular roads, as shown in Figure 1(b). In this stage, the four traffic signals are lighting red, while the turn left light of the traffic signals controlling directions 1 and 3 are on. All other lights remain off.

Figure 1(c) shows the third stage of the lighting sequence. The right of way is given to the vehicles going straight from south to north (direction 2) and from north to south (direction 4) by turning the green lights of these directions on. Meanwhile, the traffic lights for directions 1 and 3 remain red.

In the fourth stage, shown in Figure 1(d), the green arrow lights for left-turn, coming from directions 2 and 4 are on as well as the red lights of the four traffic signals, allowing the cars moving in these directions to turn left.

2.2 Traffic lights timing

In normal traffic conditions, i.e. normal density of vehicles, the time length for each light of the traffic signals will be as follows: in the first stage, the green light for directions 1 and 2 is on for 35 seconds. After this time, the green light turns into a flashing green light during 4 seconds. Once this time has passed, the yellow light goes on for 4 more seconds and after these, the red light turns on. Meanwhile, the red light for directions 2 and 4 remains off for a total time of 45 seconds. In the second stage, the turn left arrows flash for 30 seconds, while the red lights for all directions are kept off for the same time. In the third stage, red lights for directions 1 and 3 are still off during other 45 seconds. Meanwhile, lights for directions 2 and 4 are green for 35 seconds and then they start to flash for 4 seconds. After this, as in the first stage, the yellow light goes on for 4 seconds and then the red one turns on. In the last stage, the four red lights are again off for 30 seconds, while the flashing left turn arrow lights for directions 2 and 4 are on. After this stage, the cycle repeats.

If sensors detect a busy traffic condition, i.e. high density of vehicles at any road, the time length of traffic lights either for the first or the third stage will be automatically adjusted, depending on the activated sensor. If this is the case, the green light for one or either both stages will be on for 15 more seconds. The adjusted timing configuration will be set as follows: the green lights for directions 1 and 3 (or 2 and 4) will be on for a total time of 55 seconds, flashing during the last 4 of them. After this time has passed, the yellow light goes on for 4 seconds and, after this, the red light turns on.

3. DIGITAL IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM

The proposed traffic lights control system was implemented in a Cyclone II EP2C35F672C6 FPGA, available within the Altera DE2 board, specially designed for educational purposes. The programmed logic circuit was captured in schematic mode using Quartus II software. The schematic diagram is organized into eight sections, each one executing a specified function in the system. Figure 2 shows the overall outline of the developed program.

First, the original frequency of the clock at the Altera DE2 board (50 MHz) must be reduced to 1 Hz, which is the frequency required by the system. To this end, a 23-stages asynchronous counter was used in order to reduce the frequency of the clock signal, obtaining an output signal with a frequency of 6 Hz. Afterwards, this signal is sent through a 3-bits ring counter, whose configuration gives an output signal of 1 Hz frequency. This is the clock signal used for almost the entire digital circuit.

In the second section, the 1 Hz clock signal is sent to a 6-bits synchronous counter. The output signal of this counter is a 6-bits binary number, which represents the elapsed time, in seconds, for each stage of the traffic lights sequence. When a stage change occurs, a *reset* signal is sent to the counter.

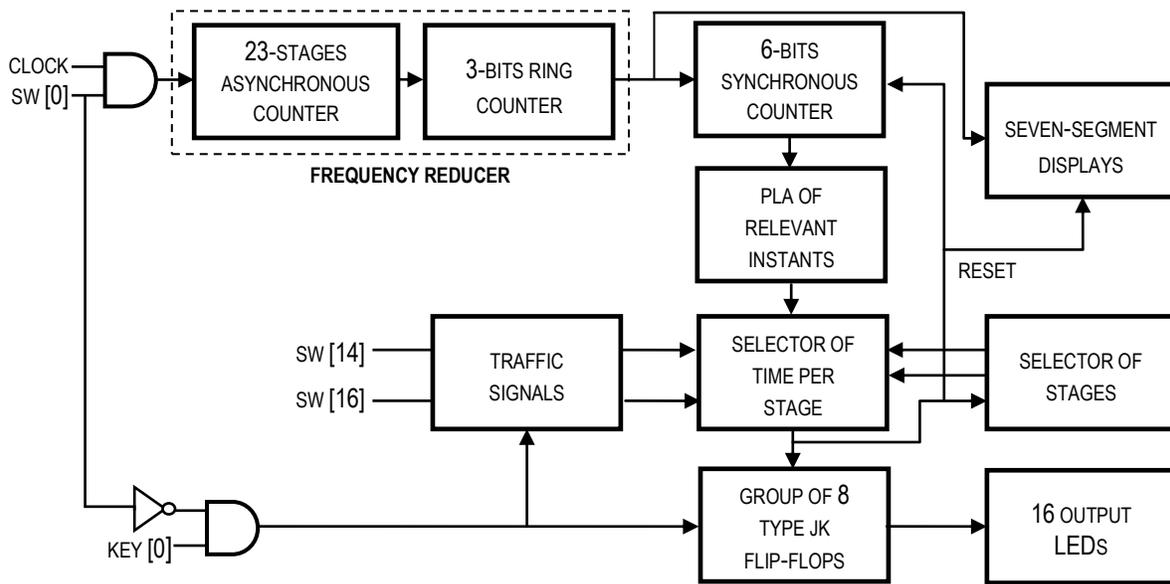


Figure 2. Overall outline of the logic circuit programmed for the implementation of the system.

Next, the output signals of the binary counter are the inputs of a programmable logic array (PLA) for the relevant instants, i.e. the values of time in which important events must occur. This PLA basically consists of AND gates and OR logic functions. Table I shows the relevant instants of the system. Each binary value of these instants (6 bits) is connected to an AND function and, according to the connected inputs, the AND output will be a logic 1 at a given time. The relevant instants are grouped according to how they will be required, using OR logic arrays. Table II shows the required groups of relevant instants.

Elapsed time (seconds)		
1	26	51
36	27	52
37	28	53
38	29	54
39	30	55
40	45	59
44	31	60

Table I. Relevant instants for the events of the system.

Elapsed time (seconds)			
1	44	31	55
1,37,39	1,27,29	1,52,54	59
36,38,49	26,28,39	51,53,55	60
40	45		

Table II. Grouping of relevant instants.



In the fourth section, the digital signals received from the sensors when detecting a busy traffic condition are simulated using two toggle switches of the Altera DE2 board, *SW[14]* and *SW[16]*. These switches indicate either normal or high density of vehicles in any direction of stages 1 and 3, respectively. Here, the digital value of the switch is sent to the *traffic signals* box shown in Figure 2, whose function is to enable the activation or deactivation of the effects of these signals on the rest of the circuit, that is, the adjustment of the green lights timing length. Figure 3 shows the schematic diagram of this part of the circuit. Each signal sent by the switches is the input of a type D flip-flop and the 50 MHz signal was used as the clock signal. Additionally, the flip-flop has an enabling terminal, whose input is the inverse signal of stages 1 and 3.

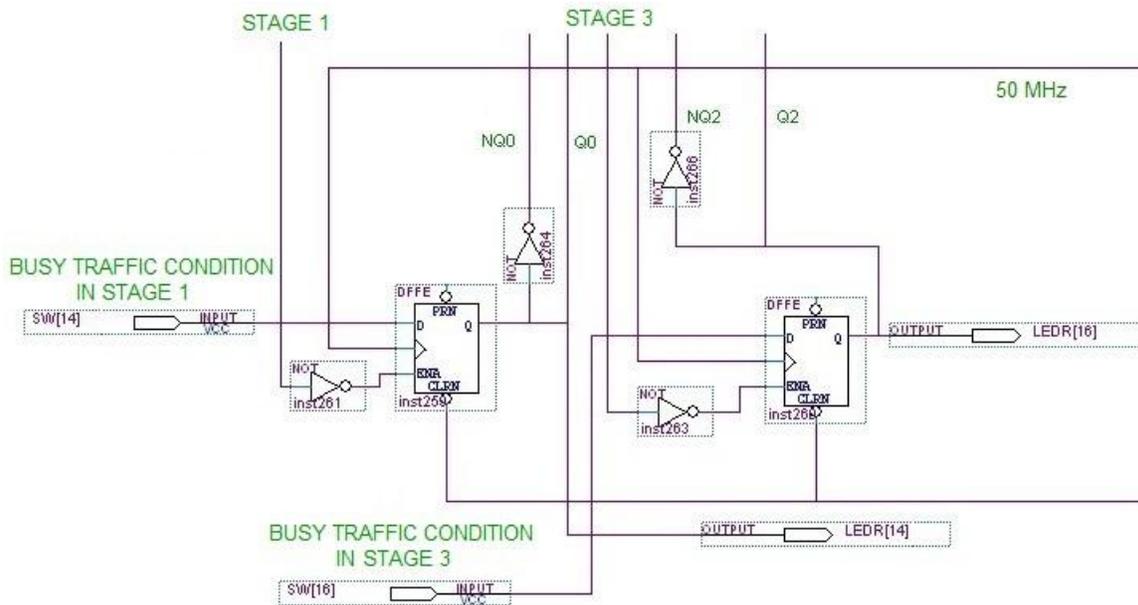


Figure 3. Schematic view for the traffic signals.

After that, the fifth section corresponds to the selector of stages, which is the one that defines the active stage. It consists of a 3-bits synchronous binary counter, as shown in Figure 4 (a). A *reset signal* is sent to the clock of the flip-flops, thus each time that a *reset signal* is sent to the 6-bits synchronous binary counter, this same signal will be sent to the selector. The outputs of the flip-flops are sent to four AND gates, whose outputs correspond to the stages of the traffic lights sequence. In this way, when the counter marks a binary 0, 1, 2 or 3 (corresponding to stages 1, 2, 3 and 4, respectively), a logic value 1 will be sent to one of these outputs, determining the active stage. The binary 4 sends a *Clear* signal to the counter so that when the fourth stage finishes, the counter resets and the sequence is ready to start again.

Then, in the sixth section, signals sent by the selector of stages, the traffic sensors and the grouped instants of the PLA, become the inputs of the selector of time per stage, built with AND gates of two and three inputs. The function of this selector is to enable some of the instants from the PLA, depending on whether there are traffic signals, which stage is active and if the specific instant is reached, in order to turn the proper lights on. The enabled instants are sent through the *group of 8 type JK flip-flops* box, which is actually the one that generates the signals to activate the LEDs that represent the traffic lights. Time values of 31, 45 and 60 seconds establish a stage change so that, the signal sent by these values is sent as a *reset* to the 6-bits binary counter and into the seven-segment displays section so as to reboot the count and start again for the next stage. Besides, signal sent by the stage-change event is the input of the selector of stages and thus, when this signal is sent to the selector, the count increases and a stage change takes place, as previously described.

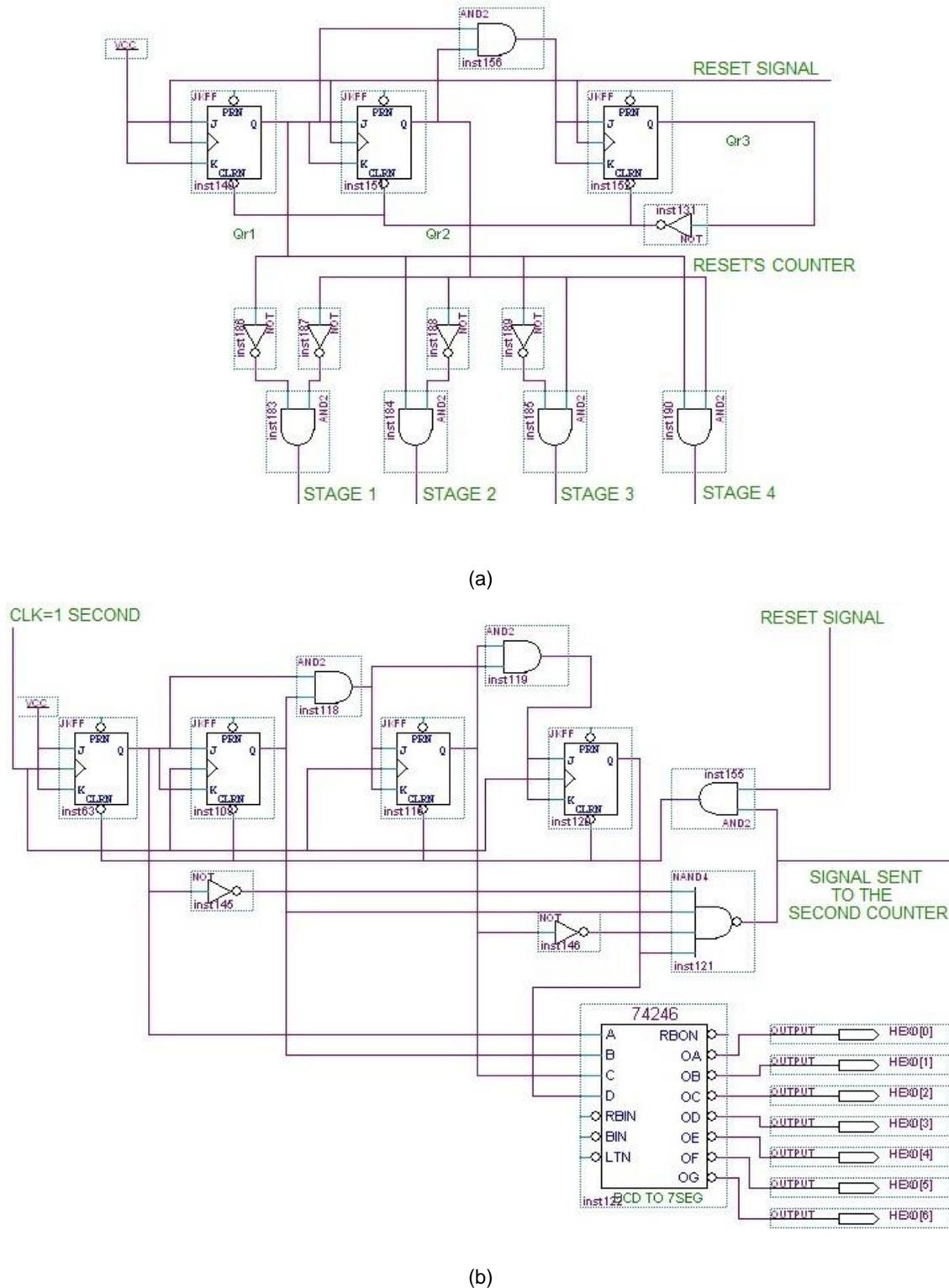


Figure 4. Two parts of the schematic circuit: a) selector of stages; b) the first 7-segment display.



Then, in the seventh section, the 7-segment display is the part of the circuit where the elapsed time, in seconds, for every stage is shown using two seven-segment indicators. This part consists of two 4-bits synchronous counters and two BCD to 7-segment decoders. The first counter has a clock signal of 1 Hz and the four bits, that are its output signals, are sent to the decoder, generating seven signals to be shown at the 7-segment display. When a binary 10 is detected, a *reset* signal will be sent to the counter because a single 7-segment display can only show the digit numbers from 0 to 9. Besides, a change of state can also reboot the counter. The second counter works the same as the first one, with the only difference of using an output of the first counter as the clock signal. Therefore, the output signal of this counter increases each time that the output signal of the first counter is a binary 10. The schematic diagram of the first counter in this part is depicted in Figure 4 (b).

Finally, in the last section, the outputs of this part of the circuit are connected to sixteen LEDs, representing the lights of the traffic signals. This section consists of JK flip-flops, whose inputs are the outputs of the selector of time per stage, according to Table II, where directions 1, 3 and 2, 4 are grouped because the lights are turned on at the same time, so that a total of eight flip-flops were placed, each one with two output LEDs. Figure 5 (a) shows one of these flip-flops. The clock signal is the 50 MHz signal, the J input of the flip-flops is the event signal for a light to turn on, while the K input is the event signal for the light to turn off.

This section also consists of a *preset signal* to ensure that, when the circuit starts to execute, only the red lights of the traffics signals are on. This preset signal must be enabled only at the beginning of the operation of the circuit. Figure 5 (b) shows the circuit for the *preset signal*, which consists of an OR gate with two inputs, a toggle switch and a push button. Push buttons available at the Altera DE2 board are normally closed, i.e. they send a logic value of 1 without being pressed. To activate this *preset*, both inputs must be a logic 0. Detailed description of the entire system can be found in [12].

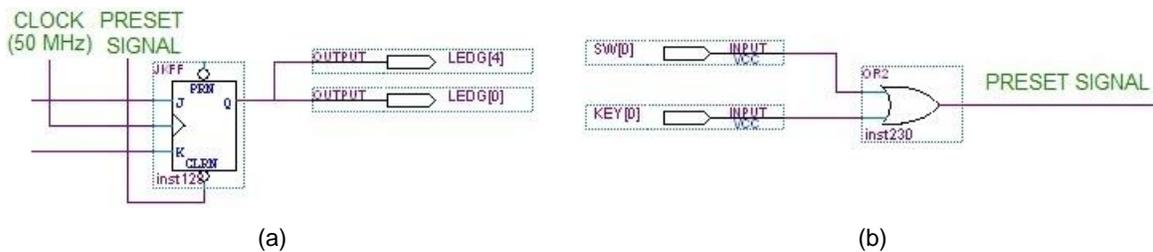


Figure 5. LEDs outputs section: a) one of the JK flip-flops with two LEDs outputs; b) preset signal for the traffic lights.

4. SIMULATION RESULTS

As stated before, the circuit developed is implemented in a Cyclone II FPGA available in the Altera DE2 board. Simulation results have been obtained using toggle switches, push buttons, LEDs and 7-segment displays available in the board. The performance of the traffic lights control system developed was tested both with and without the digital signals indicating the busy traffic condition and it worked properly in every stage of the traffic lights sequence.

Figure 6 shows the results of the simulation performed of the traffic lights at the first stage of the system, where directions 1 and 3 have the green light for 40 seconds in normal traffic condition and for 55 seconds in busy traffic condition while the red lights for directions 2 and 4 remain on. In this stage, when 42 seconds have elapsed with normal density of vehicles, the red light for directions 2 and 4 is turned on and the yellow lights for directions 1 and 3 are on, as shown in Figure 6 (a). On the other hand, when there is high density of vehicles the time length for the green light increases to 55 seconds. Figure 6 (b) shows the traffic lights for the same stage at 47 seconds with busy traffic condition. Here, the green light for directions 1 and 3 are still on, while the red light is on for directions 2 and 4. The other two red LEDs indicate that the traffic sensors were detected.

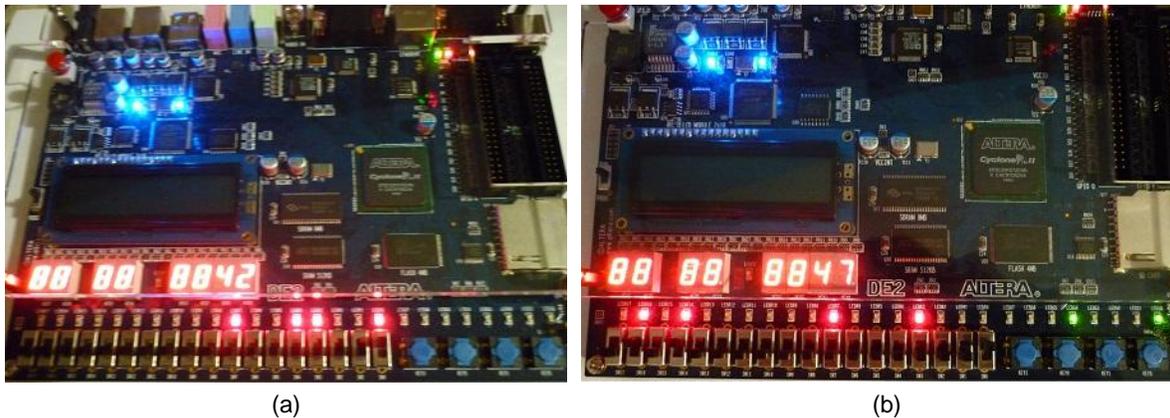


Figure 6. Simulation of the traffic lights in the first stage for: a) normal density of vehicles; b) high density of vehicles.

Results for the simulation at the third stage are shown in Figure 7. In this stage vehicles moving along directions 2 and 4 have the right of way, that is, the green lights for these directions are on. In this case, the time length of the green lights is adjusted when the detection of busy traffic condition activates the traffic signals. Figure 7 (a) shows the simulation of the traffic lights for this stage when 11 seconds have elapsed with the traffic signals deactivated. With normal density of vehicles, the green lights at this stage are on during 40 seconds. In contrast, when the traffic signals are activated due to the detection of high density of vehicles, the green lights remain on for a total time of 55 seconds. Figure 7 (b) shows how with busy traffic condition the green lights are still on when 48 seconds have elapsed.

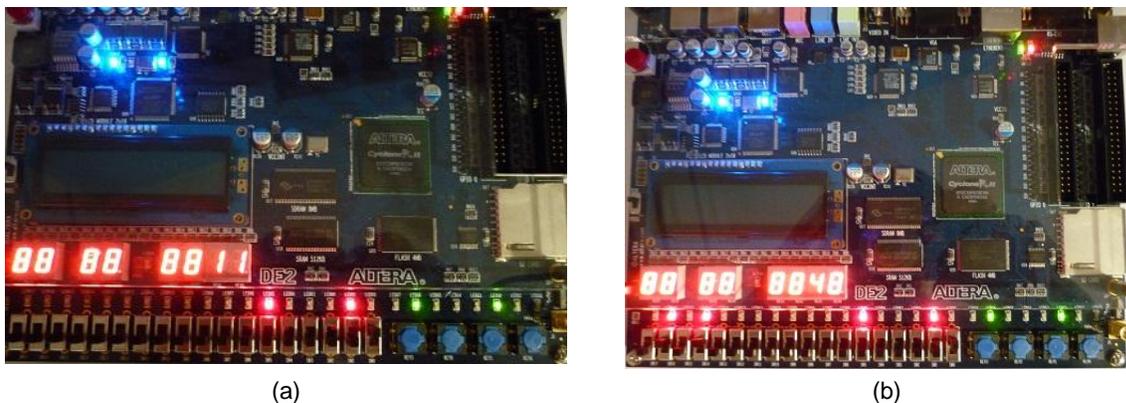


Figure 7. Simulation of the traffic lights in the third stage for: a) normal traffic condition; b) busy traffic condition.

5. CONCLUSIONS

A smart system for the control of the traffic lights at a perpendicular road intersection has been described. The system is able to automatically adjust the time length of the green lights according to either the normal density or the high density of vehicles at the approaches, i.e. the duration of the green light increases when there is a busy traffic condition in order to ease the flow of vehicles and avoid traffic congestions. The circuit was developed and captured in the schematic mode using Quartus II software and the system was implemented in an Altera FPGA. Simulation results have shown that the proposed system worked as expected.

As stated before, the digital signals indicating the high flow of vehicles at the approaches were simulated in the Quartus II software using a toggle switch. Nevertheless, for the implementation of



the developed system in a real traffic environment, appropriate sensors must be used. Further work is directed towards the implementation of the proposed system using real sensors instead of simulating their signals.

REFERENCES

1. T. Chang and J. Lin, *Transportation Research Part B: Methodological*, **34**, 6, 471-491, (2000).
2. B. De Schutter, *European Journal of Operational Research*, **139**, 2, 400–415, (2002).
3. F. Motawej, R. Bouyekhf and A. El Moudni, *Journal of the Franklin Institute*, **348**, 4, 703-717, (2011).
4. Ioslovich, J. Haddad, P. Gutman and D. Mahalel, *Control Engineering Practice*, **19**, 8, 900-911, (2011).
5. F. Zou, B. Yang and Y. Cao, *Proceedings of the 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, "Traffic light control for a single intersection based on wireless sensor network", 1-1040–1-1044, (2009).
6. W. Hejun and M. Changyun, *Proceedings of the 2010 International Conference On Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering (CCTAE)*, "Design of intelligent traffic light control system based on traffic flow", 368-371, (2010).
7. P. Choudekar, S. Banerjee and M.K. Muju, *Proceedings of the 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT)*, "Implementation of image processing in real time traffic light control", 94-98, (2011).
8. A.-T. Abd-Fatah, R.M. Yusuff, F. A. Aziz and N. Zulkifli, *Proceedings of the 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*, "Simulation of "time-based" versus "sensor-based" traffic light system", 789-792, (2011).
9. M. Keyarsalan and G. A. Montazer, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **24**, 8, 1328-1339, (2011).
10. D. McKenney and T. White, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **26**, 1, 574-583, (2013).
11. M. Papageorgiou, C. Diakaki, V. Dinopoulou, A. Kotsialos and Y. Wang, *Proceedings of the IEEE*, **91**, 12, 2043-2067, (2003).
12. H.R. Morales-Andrade, *Implementación digital en FPGA de un sistema inteligente para control de tráfico vehicular*, (BEng Thesis, Universidad Veracruzana, México), (2011).



INTEGRACIÓN DE RECONOCIMIENTO DE VOZ E IMAGEN IMPLEMENTADOS EN UN ROBOT TORSO HUMANOIDE PARA SELECCIÓN Y UNIÓN DE PUNTOS

M.C.I.E. Ing. Luis Humberto Sánchez Medel¹, M.A.T.I. Ing. Isaías Avendaño Cortés², M.C.

Juan Manuel Gonzales Sobal³, Ing. Germán López Andrade⁴

^{1,2,3} Departamento de Ing. en Sistemas Computacionales y ³Electromecánica,
Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

[1lsmedel@gmail.com](mailto:lsmedel@gmail.com), [2tecnoitsh@hotmail.com](mailto:tecnoitsh@hotmail.com), [3loager@gmail.com](mailto:loager@gmail.com)

Resumen.- El reconocimiento de voz e imagen es parte fundamental de la Interacción Hombre-Robot (IHR) como técnicas de entrada de información, que mediante algoritmos en el estado del arte permiten que un sistema pueda tomar una decisión con un número limitado de variables controladas.

El dialogo y la comunicación natural en tiempo real son cruciales para una interacción exitosa, nosotros desarrollamos un sistema de control basado en el diseño secuencial asíncrono que integra el reconocimiento audio embebido implementado en un robot torso humanoide, que mediante su sistema de visión artificial se retroalimenta para seleccionar puntos de colores y unirlos, con el objetivo de comprobar su toma de decisión basada en comandos por voz.

Este artículo describe los resultados alcanzados en la simulación del brazo e implementación del software en el robot torso humanoide.

Abstract. – Voice and image recognition are fundamental part of the Human-Robot Interaction (HRI) as techniques to input information that by state of the art algorithms, allows that a system can take a decision using a limited controlled variables.

The dialog and natural communication in real time are crucial for a successful interaction, we developed a control system based in asynchrony sequential design that integrates embedded audio recognition implemented in a humanoid torso based robot, that by its artificial vision system feedbacks itself to select points of colors and joins them, with the objective to test its decision based in voice commands.

This article describes the results achieved in the simulation and the implementation of the software in a humanoid torso robot.

Palabras clave: Reconocimiento de voz, visión artificial, robot humanoide, inteligencia artificial

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de interacción hombre-robot (IHR) son realizados a través de una integración compleja de algoritmos implementados en lenguajes de bajo o alto nivel, mismos que dependen de un sistema de control digital basado en reglas. El modelo de intercambio de información entre dos personas que se encuentran de acuerdo debe de ser análoga a la interacción con un sistema robótico, por lo que la interacción natural con un robot implica que



este debe de adaptarse a nuestras formas de comunicarnos, oral y visual por citar algunas [1]. Un teclado, mouse o pantalla táctil aunque son dispositivos estándar de entrada en la computadora ocasionan limitaciones al ser implementados en un sistema pensado para ser autónomo, razón por la cual se han diseñado herramientas en software para sustituirlas, como el reconocimiento de voz e imágenes, las cuales nos permiten acercarnos a una interacción más natural. El objetivo de este artículo es demostrar los resultados alcanzados en integrar ambas herramientas en adición a un control secuencial asíncrono con memoria no volátil que guarde las preferencias del usuario.

El contenido de este artículo se divide en: descripción del hardware, instrucciones para el reconocimiento de voz, sistema de control por diseño secuencial asíncrono, reconocimiento de imágenes, simulación e implementación del control del torso humanoide por cinemática inversa.

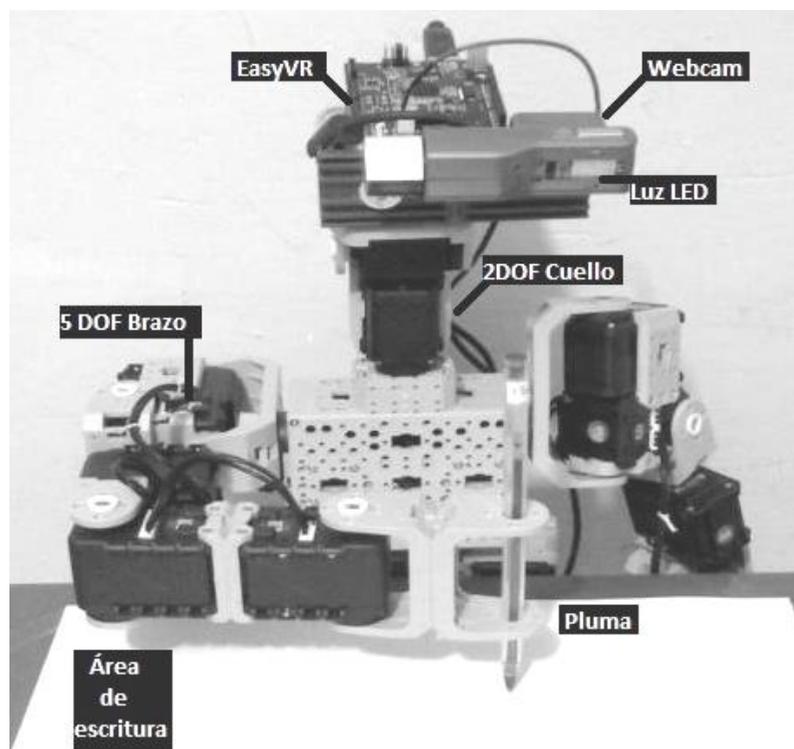


Fig. 1. Robot torso humanoide, el dispositivo implementado consta de un sistema de reconocimiento de voz embebido, una webcam como sensor de imágenes y 17 servomotores digitales.

2. DESARROLLO DEL ROBOT TORSO HUMANOIDE

El sistema implementado es mostrado en la Fig. 1, integra el reconocimiento embebido de comandos por voz para activar configuraciones en el software de reconocimiento de imágenes por colores y por patrones. El control del sistema es realizado mediante diseño secuencial



asíncrono, el cual espera la secuencia esperada o alternativa de comandos de voz para accionar el brazo del robot y este seleccionara mediante una pluma el objeto a identificar. Adicionalmente se realizó una simulación en Labview integrando el sistema de voz y reconocimiento de imágenes para probar el sistema antes de la implementación en el torso humanoide.

Tabla I

Comando	Acción
Robot	Activador, indica el principio del funcionamiento.
Observa	Ubica la posición de la cámara hacia abajo.
Rojo	Almacena en memoria que debe de detectar el color rojo.
Naranja	Almacena en memoria que debe de detectar el color naranja.
Verde	Almacena en memoria que debe de detectar el color verde.
Cuadrado	Almacena en memoria que debe de detectar la figura cuadrada.
Circulo	Almacena en memoria que debe de detectar la figura circulo.
Triangulo	Almacena en memoria que debe de detectar la figura triangulo.
Cancelar	Cancela el comando por el usuario.
Ok	Acepta el comando por el usuario.
Identifica	Corre el programa de visión por computadora
Alto	Cesa la detección de colores

Tabla II. Comandos a identificar en la Tarjeta EasyVR.

El sistema de reconocimiento de voz corre en una tarjeta EasyVR, empleando modelos probabilísticos combinado con máquinas de estado algorítmico para la selección del comando más probable [2]. Los comandos por voz entrenados son mostrados en la Tabla 1 así como la acción esperada que realicen dichos comandos.

La instalación del micrófono juega un papel importante en el reconocimiento de voz, pues la posición acústica impropia puede reducir la exactitud del reconocimiento de la voz, por lo que se empleó una instalación en superficie sin diafragma interno y con aislación de material absorbente. La distancia a la cual se probó la detección fue de 60 cm; la detección fue codificada para grupos de persona.



Cuando un usuario desea comunicarse con el robot, la tarjeta embebida procesa la información de 3 a 4 segundos, dependiendo de ruido de fondo y longitud del comando, si un comando es identificado entonces se envía una señal a través del COM Virtual a la PC con el resultado de la palabra detectada o en su defecto un informe de no detección.

El diseño asíncrono de control consiste en que los comandos por voz pueden ser dados en cualquier momento, por lo que se requirió un diseño secuencial asíncrono que se muestra en la Tabla 2, el cual tiene como objetivo cubrir la diversidad de las respuestas basadas en reglas de selección probabilística por comandos preestablecidos.

Tabla II

Estado	NR	R	Comando esperado	R	Comando alternativo
A	A	B	Robot	A	Robot
B	B	C	Observa	A	Cancelar
C	C	D	Rojo, Naranja, verde	C	Cuadrado, circulo, triangulo, cancelar
D	C	E	Ok	B	Cancelar
E	C	F	Identifica	B	Cancelar
F	F	B	Alto	C	Rojo, naranja, verde, cuadrado, circulo, triangulo, cancelar

Tabla II. Tabla de estados, nos muestra bajo que comandos por voz se pueden desarrollar las acciones, ya sean reconocidos (R) o no reconocidos (NR).

Los estados son: A, Reposo; B, Atención; C, elección de color; D, Acepta del comando; E, Identifica objeto y F, cambio de objeto a identificar.

El primer comando "Robot" actúa como activador del sistema, por lo que el robot se encontrará en estado A de reposo si es que no se recibe el comando correcto de activación. Cuando el robot "escuche" el comando robot, este pasará al estado B de Atención, en el cual los servomotores del cuello se ajustarán para ubicar la webcam en el área de impresión como lo muestra la Fig. 1; se tiene una alternativa como entrada del estado B que es "Cancelar", el cual regresa al robot al estado A de reposo. Si el robot en el estado C recibe un comando por voz de algún color o figura geométrica este pasará al estado D, en cuyo caso el robot reproducirá por su bocina el color que ha escogido el usuario y esperara la confirmación del mismo por el comando Ok y pasará al estado E de identificación, de lo contrario el comando "cancelar" en el estado D, E o F retornara el control hasta el estado de observación. Cuando el robot se encuentra en el estado de identificación se puede cambiar la búsqueda del patrón por solo mencionar su color o figura geométrica.

El sensor principal es una webcam, cuya función es adquirir la secuencia de video que es procesada en tiempo real. Las características de la imagen a procesar en la secuencia de



video es 320 x 240 pixeles en RGB a 24 fps que asegura un seguimiento continuo de objetos y agiliza el procesamiento al ser imágenes de pequeñas dimensiones.

Preprocesamiento. El ambiente de robot es semicontrolado, iluminado con luz blanca en fondo simple de alto contraste, sin embargo se implementó una etapa de preprocesamiento para obtener la imagen en RGB normalizada empleando el conjunto de ecuaciones 1.

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B} \quad (1)$$

Detección de colores. El algoritmo de reconocimiento de color se basa en la extracción de información mediante histograma en escala de grises de tres planos de color como indica la Fig. 2. Para definir los límites de umbralización del color se tomaron 35 muestras a cada de los colores a identificar bajo diversas condiciones de iluminación, y posteriormente se obtuvo el promedio de los valores comunes de cada color; este método arrojó la información mostrada en la Tabla 3.

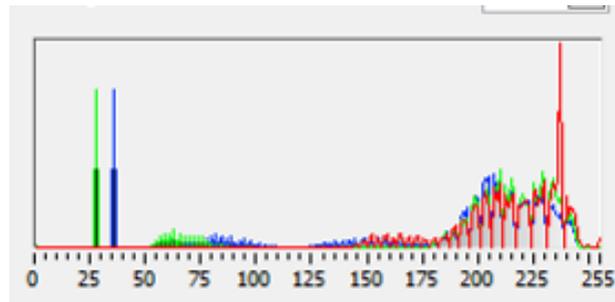


Fig. 2. Histograma para analizar colores, se emplearon 3 dimensiones de color (RGB) clasificar los colores.

El resultado de la umbralización se muestra en la Fig. 3, el color detectado es marcado en rojo y posteriormente se ubica el centroide para hallar su coordenada en la imagen que será luego empleada para ubicar el brazo robótico.

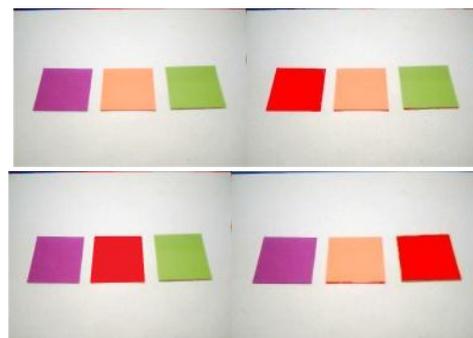


Fig. 3. Resultado de la detección de color y patrones de figuras geométricas desde la vista del robot.



Tabla III.

Iluminación	Morado RGB	Naranja RGB	Verde RGB
Mucha	203,87,184	205,129,98	184,224,99
Media	180,60,150	165,98,58	153,191,78
Poca	150,35,123	135,63,38	121,158,42

Tabla III. Tabla de resultados del análisis por histograma de los colores Morado, Naranja y Verde basado en tomas de muestras bajo diversas condiciones de iluminación

Reconocimiento de patrones. El algoritmo de reconocimiento de patrones emplea una imagen diferencial a partir de la extracción del plano azul para ayudar a que las sombras o cambios de iluminación no reduzcan los falsos positivos [3], se implementó la ecuación 2 y su resultado se observa en la Figura 4.



Fig. 4. Imagen diferencial, se observa que los cambios denotados en blanco son donde existe un alto contraste, mientras que en colores que son similares el cambio es mínimo.

$$D(x, y) = \sum_{x=0}^{x=x_f} \sum_{y=0}^{y=y_f} |I(x, y) - I(x-1, y)| + \sum_{x=0}^{x=x_f} \sum_{y=0}^{y=y_f} |I(x, y) - I(x, y-1)| \tag{2}$$

La técnica de correspondencia por patrones usada se basa en la correlación normalizada, que es el método más común para encontrar el modelo en la imagen, se basa en series de multiplicaciones por lo que consume un tiempo considerable. Un modelo de referencia es una imagen formada de pixeles a partir de la imagen a detectar, debido a que la mayoría de la imagen contiene información redundante, emplear toda la imagen consumiría tiempo considerable, para evitar esto se emplea un proceso de muestreo que incluye una detección de bordes. El concepto de correlación cruzada normalizada se refiere a considerar una subimagen $w(x,y)$ de tamaño $K \times L$ contenida en una imagen $f(x,y)$ de tamaño $M \times N$ donde $K \leq M$ y $L \leq N$, la correlación entre $w(x,y)$ y $f(x,y)$ en un punto (i,j) es dada por la ecuación 3.

$$C(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x, y) f(x+i, y+j) \tag{3}$$



El resultado de la detección y ubicación de figuras geométricas empleando el reconocimiento de patrones se muestra en la Fig. 5, se puede apreciar la ligera deformación de las figuras debido a la posición de la cámara.

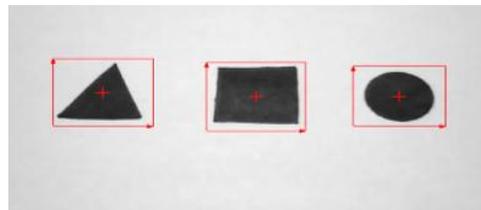


Fig. 4. Detección de elementos, empleando la imagen diferencial para reducir los falsos positivos y la correspondencia por patrones es posible hallar con un porcentaje bajo de error las figuras geométricas propuestas.

Antes de implementar el sistema, fue simulado empleando una interface en Labview como se muestra en la Figura 5, la ubicación y longitud del brazo son basadas en las extremidades del robot, el movimiento a la posición final se realizó mediante cinemática inversa.

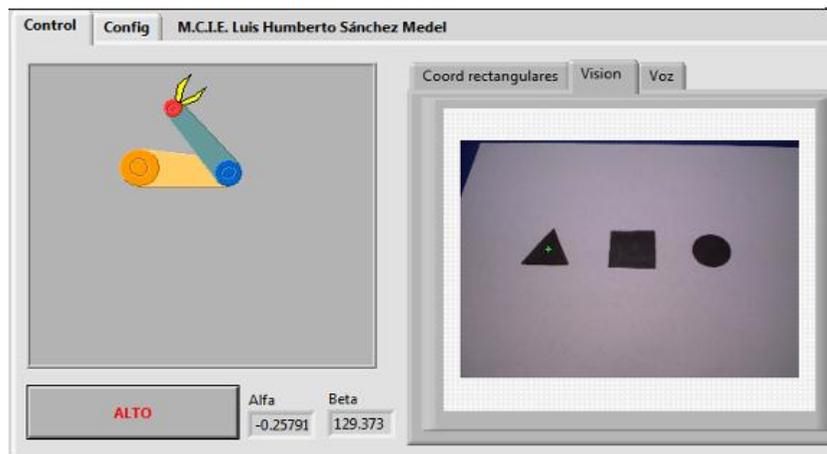


Fig. 5. Sistema de detección simulado en Labview, se aprecia la detección del triángulo ubicando su centro, por lo que la pinza virtual se coloca en una posición aproximada a la figura geométrica.

Los datos obtenidos por las técnicas anteriores son coordenadas virtuales que son transformadas a posiciones que toma el brazo del robot torso humanoide. Se emplearon servomotores digitales AX12A con un módulo USB2Dynamixel para interface entre la computadora y el robot; basados en la simulación se requirió ajustes de coordenadas debido al ángulo de detección de la cámara. El protocolo empleado para la ubicación de brazos se muestra en la Fig. 6.



INICIO	NO. SERVO	POSICIÓN
--------	-----------	----------

Fig. 6. Protocolo para envío de datos, se requirió una adaptación del protocolo para los servos AX12A con el objetivo de mantener la compatibilidad con otros tipos de servomotores analógicos.

La unión de los puntos se basa en un vector de coordenadas creado a partir de los objetos o colores identificados, sin embargo el orden de unión de los puntos es propuesto por el usuario al momento de colorear un área o dibujar una figura geométrica. El proceso de recordar la preferencia de color elegir se guarda en un archivo de texto que es llamado por el sistema al salir del estado del reposo.

3. RESULTADOS

El sistema de reconocimiento embebido brinda la ventaja del paralelismo de operaciones que en conjunto con el sistema de visión por computadora permite una mejor selección de los objetos.

La Fig. 7 muestra el resultado de la detección de colores en un fondo simple con ambiente controlado, su respuesta se denota en la Tabla 4. La Fig. 8 muestra el resultado de la detección de figuras geométricas empleando el reconocimiento de patrones, su respuesta se denota en la Tabla 5.

Tabla IV

Iluminación	TP	FP	Tiempo
Mucha	303	44	15 ms
Media	478	19	12 ms
Poca	387	24	18 ms

Tabla IV. Tabla de resultados de la detección de colores y figuras geométricas, TP son los positivos verdaderos, FP son los falsos positivos y muestra el tiempo en que le toma al algoritmo realizar dicha función.

Trabajo a futuro. Implementar en una BlackBerry PI B los algoritmos empleados para omitir el uso de una PC y agilizar el procesamiento de imágenes. Dotar al robot con la herramienta de decisión para que el mismo determine qué puntos debe de unir dependiendo la dificultad dada por el número, lados y pendientes que formen estos.

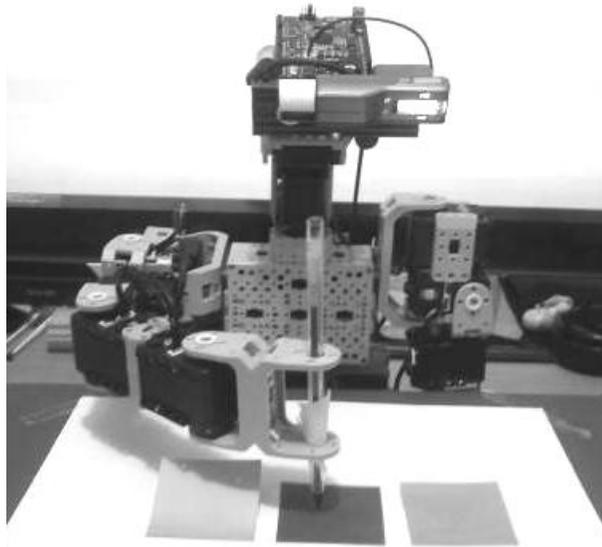


Fig. 7. Resultado de la implementación de los algoritmos en el robot torso humanoide, en este ejemplo detecta un color morado a pesar de haber sido cambiado de lugar.

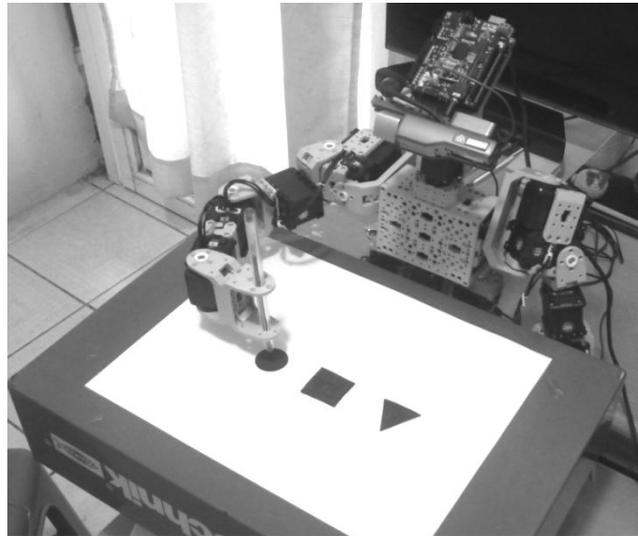


Fig. 8. Resultado de la detección de figuras geométricas, el robot sitúa la pluma sobre la figura a localizar.

REFERENCIAS

1. Francoise F., Dominic Létourneau et al (2012). *Natural interaction design of a humanoid robot*. En: Journal of Human-Robot Interaction. ISSN 0929-5593.
2. Panta M. J. *Control domótico por voz* (2012). Escola Técnica Superior d'Enginyeria Informàtica, Universitat politècnica de Valencia.1,19-21.
3. Petrou M., *Image Processing: the fundamentals*. Editorial. Lugar de la publicación. ISBN 978-0-470-74586-1.



MODELADO MEDIANTE IDENTIFICACIÓN PARAMÉTRICA DE UN BRAZO ROBÓTICO FLEXIBLE

Omar Hernández-González, M. Eusebia Guerrero-Sánchez y M. Elizabeth Guerrero-Sánchez
ITESCO

hego_omarhg@hotmail.com, megs_airam@hotmail.com y eli_guessa@hotmail.com.

Resumen-- En este trabajo se presenta la comparación de modelos matemáticos obtenidos mediante la identificación del sistema de un brazo robótico flexible. Se utilizan métodos de identificación de sistemas paramétricos. Se utilizaron específicamente las estructuras ARX, ARMAX y OE, dicho brazo robótico se encuentra instalado en el laboratorio de Electricidad de la Universidad Católica de Lovaina en Lovaina, Bélgica; en la base de datos de Daisy se encuentran los vectores de datos del sistema, los datos experimentales recopilados son los del par de reacción de la estructura (U) y la aceleración del robot flexible (Y). Los datos experimentales fueron reportados por un grupo de científicos de dicha Universidad, se realiza la identificación del sistema mediante la aplicación de métodos de identificación paramétricos utilizando el toolbox de identificación de MATLAB. En este trabajo se presenta la metodología para la identificación paramétrica de sistemas bajo la aplicación del toolbox de Matlab y además se presentan los parámetros adecuados para cada estructura. Se presenta el modelado matemático de dicho sistema y su comparación con los datos reales.

Temas claves-- Identificación de sistemas, métodos paramétricos, brazo robótico flexible, ARX, ARMAX, OE y Modelado matemático.

Abstrac-- This paper presents the comparison of mathematical models obtained by system identification of a flexible robotic arm. Methods using parametric system identification. Structures were used specifically ARX, ARMAX and OE, the robotic arm is installed in the laboratory of Electricity at the Catholic University of Leuven in Leuven, Belgium, in Daisy database are data vectors of the system, experimental data collected is the reaction torque of the structure (U) and the flexible robot acceleration (Y). The experimental data were reported by a group of scientists from the university, the identification is performed by applying system identification methods using parametric identification toolbox of MATLAB. This paper presents the methodology for parametric identification systems under the application of the Matlab toolbox and also presents the appropriate parameters for each structure. We present the mathematical modeling of the system and its comparison with the actual data.

Introducción

La identificación de sistemas es una de las técnicas actuales para poder obtener el modelo aproximado de un sistema variante en el tiempo, a partir de datos experimentales, desconociendo sus parámetros y sus posibles dinámicas internas que en ocasiones son difíciles de modelar.

Existen diversas técnicas de identificación de sistemas, las cuales son bien conocidas y existen muchos trabajos reportados sobre esto, dentro de estas técnicas las más destacadas son las paramétricas y las paramétricas. La primera se realiza de manera gráfica, se analiza su repuesta dinámica en gráficas obteniendo su módulo y fase en las respuestas frecuenciales, en los cuales se usan los diagramas de Bode, Nyquist y las respuestas a impulso o escalón [3]. La segunda técnica se realiza aplicando una aproximación matemática para una selección de parámetros adecuados que identifiquen el sistema de manera óptima, esto se logra a partir de los datos



experimentales, conociendo sus entradas y salidas, se plantea una ecuación con todos los posibles coeficientes del polinomio del sistema variante en el tiempo y se pretende a través de la dinámica aproximar un polinomio que aproxime la dinámica del sistema. Se obtienen los valores óptimos a través de comparar errores y dinámicas del modelo aproximado y los datos reales y con ello se obtienen los coeficientes de dicho polinomio, la función o funciones de transferencias del sistema aproximado y con ello su representación matemática aproximada.

En el presente trabajo se trabaja con la identificación de sistemas del tipo paramétrica, aplicando los algoritmos o estructuras ARX, ARMAX y OE (output error), las cuales se encuentran desarrolladas en el toolbox de identificación en MATLAB, el caso de estudio para probar estas técnicas de identificación será un brazo robótico flexible, del cual se le realizaron estudios y se obtuvieron datos experimentales de su par de reacción y de su aceleración, entrada y salida respectivamente. Se busca la obtención de un modelo aproximado que dé una respuesta que se acerque a la dinámica del sistema real del brazo robótico, la realización de la identificación de dicho sistema se llevó a cabo para fines académicos con el objetivo de que se conozca de manera más práctica estas técnicas de identificación de sistemas, planteando una metodología para poder obtener la identificación de un sistema con un método paramétrico aproximado y verificar la estructura que mejor se desempeña y obtener una identificación del sistema más cercana o real, todo esto utilizando una herramienta computacional como la que nos ofrece el toolbox de Matlab.

El trabajo se compone del capítulo II que menciona lo referente a las técnicas utilizadas en la identificación paramétrica de sistemas. En el capítulo III se presenta una breve descripción del sistema de brazo robótico flexible. En el capítulo IV se presenta el desarrollo de los algoritmos para obtener la identificación paramétrica del sistema. Finalmente el capítulo V presenta las conclusiones del trabajo realizado.

IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

La identificación de sistemas se utiliza para obtener el modelo aproximado de un sistema. Se obtiene mediante un método experimental que permite obtener el modelo de un sistema a partir de datos reales experimentales, recogidos de la planta en estudio. En términos generales, el proceso de identificación comprende de los siguientes pasos, los cuales se muestran en la Fig. 1:

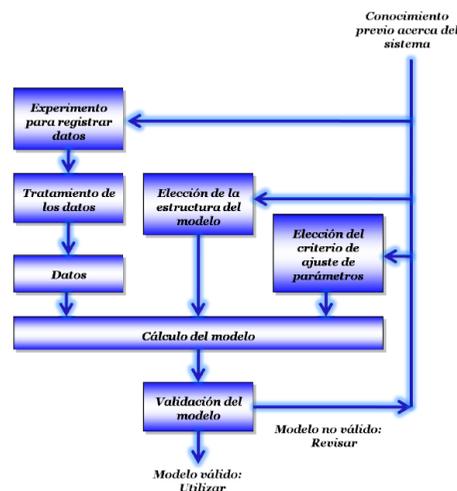


Fig. 1. Proceso de identificación de sistemas.



Dependiendo del tipo de modelo obtenido, la identificación del sistema se puede realizar mediante métodos paramétricos y métodos no paramétricos que con anterioridad ya se describió, en nuestro caso los utilizados serán los métodos paramétricos y en específico las estructuras ARX, ARMAX y OE.

Modelo ARX

De manera explícita el modelo de la estructura ARX (AutoRegressive with eXternal input) se expresa [1]:

$$(1) \quad y(t) + a_1y(t-1) + \dots + a_{na}y(t-na) = b_1u(t-nk) + b_2u(t-nk-1) + \dots + b_{nb}u(t-nk-nb-1) + e(t)$$

donde $y(t)$ es la salida, $u(t)$ la entrada y $e(t)$ es el disturbio del ruido blanco, también, na es el número de polos, a_i los coeficientes del polinomio $A(q)$, nb el número de ceros, b_i los coeficientes del polinomio $B(q)$ y nk el número de entrada de retraso antes de que la salida afecte al sistema.

Las ecuaciones de los polinomios $A(q)$ y $B(q)$ son [1]:

$$A(q) = 1 + a_1q^{-1} + \dots + a_{na}q^{-na}$$

$$B(q) = 1 + b_1q^{-1} + \dots + b_{nb}q^{-nb}$$

Utilizando el toolbox de identificación de Matlab, esta técnica de la estructura del modelo ARX se expresa con el siguiente comando:

$$Th = arx(z, [na \ nb \ nk])$$

donde z son los vectores de datos experimentales de la planta a identificar.

Modelo ARMAX

En la estructura ARMAX (AutoRegressive Moving Average eXogen) se introduce el polinomio $C(q)$ al modelo ARX [1]:

$$(2) \quad y(t) + a_1y(t-1) + \dots + a_{na}y(t-na) = b_1u(t-nk) + \dots + b_{nb}u(t-nk-nb-1) +$$

donde nc el número de coeficientes del polinomio $C(q)$.

Las ecuaciones de los polinomios $A(q)$, $B(q)$ y $C(q)$ son [1]:

$$A(q) = 1 + a_1q^{-1} + \dots + a_{na}q^{-na}$$



$$B(q) = 1 + b_1q^{-1} + \dots + b_{nb}q^{-nb}$$

$$C(q) = 1 + c_1q^{-1} + \dots + c_{nc}q^{-nc}$$

Esto da lugar a un sistema de ecuaciones donde las incógnitas son los coeficientes del modelo, cuyas soluciones (de este modelo y los posteriores) se obtienen por predicción del error con el Método de Máxima Verosimilitud. Utilizando el toolbox de identificación de Matlab, esta técnica de la estructura del modelo ARMAX se expresa con el siguiente comando:

$$(3) \quad th = ar \max(z, [na \ nb \ nc \ nk])$$

Modelo OE

La estructura Output – Error (OE) se presenta de forma siguiente [1]:

$$(4) \quad \begin{aligned} w(t) + f_1w(t-1) + \dots + f_{nf}w(t-nf) = \\ b_1u(t-nk) + b_2u(t-nk-1) + \dots \\ + b_{nb}u(t-nk-nb-1) + e(t) \end{aligned}$$

donde:

$$y(t) = w(t) + e(t)$$

Las ecuaciones de los polinomios $B(q)$ y $F(q)$ son [1]:

$$B(q) = 1 + b_1q^{-1} + \dots + b_{nb}q^{-nb}$$

$$F(q) = 1 + f_1q^{-1} + \dots + f_{nf}q^{-nf}$$

Utilizando el toolbox de identificación de Matlab, esta técnica de la estructura del modelo OE se expresa con el siguiente comando:

$$(5) \quad th = oe(z, [nb \ nf \ nk])$$

Modelado del brazo robótico flexible

Se considera el sistema de un brazo robótico flexible mostrado en la Fig. 2, para poder llevar a cabo la identificación de sistemas ocupando los modelos ya mencionados anteriormente.



Fig. 2. Brazo robótico flexible.



Los datos del brazo robótico flexible del cual se realiza la identificación, se obtuvieron de la base de datos de Daisy, el estudio experimental se realizó por un grupo de científicos, el caso de estudio en particular es el brazo que se encuentra en Bélgica, en el laboratorio de electricidad de la Universidad de Lovaina, los datos obtenidos son el par de reacción de la estructura (U) y la aceleración del robot (Y). Se cuenta con datos reales almacenados en vectores de datos, estos se cargan como un vector de datos en el MATLAB para poder trabajar con ellos.

3 desarrollo de la identificación de sistemas

Para desarrollar la identificación, se ha utilizado la ayuda del software matlab [2]. Cabe mencionar que se cuentan con los datos experimentales del proceso, los cuales se importan al software para generar un archivo “.mat”.

Ya importado los datos, se procede a clasificar las diferentes columnas tales como las de entrada, de salida y tiempo.

Después se procede a obtener los modelos matemáticos de las estructuras: ARX, ARMAX y OE. También se obtienen las gráficas de las salidas ante estos modelos de referencia.

Para esto se generó un programa con extensión “.m” en matlab, en el cual se obtiene la identificación de las salidas del modelo, cabe mencionar que se buscó la mejor sintonización para cada caso variando los parámetros de cada modelo de referencia.

Modelo ARX

Se utilizó el comando ARX de matlab, el cual estima los parámetros del modelo ARX usando mínimos cuadrados [2].

Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo ARX. Al llevar a cabo esto se obtuvo la gráfica mostrada en la figura 3, la cual muestra la aproximación que tiene el modelo identificado al modelo real del brazo robótico flexible.

En la Fig. 3, se muestra la comparación de la salida real del sistema ante la entrada, con la salida identificada.

Los valores de nb , na y nk que se utilizaron en la función ARX son los siguientes:

```
>> ARX=arx(robot,[3 3 1])
```

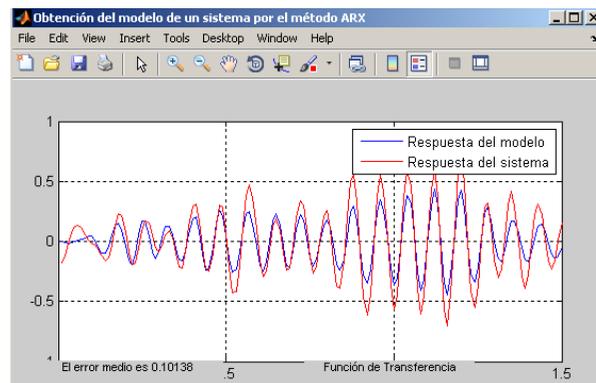


Fig. 3. Modelo ARX del brazo robótico flexible

El error que se obtiene entre estas 2 señales es de: 0.10138.

En la Fig. 3 se observa que la respuesta del modelo y la respuesta del sistema real tienen casi la misma dinámica, aunque en ciertos intervalos no alcanza la amplitud para ser identificada de manera óptima.

Dentro del mismo programa se obtuvo la Función de Transferencia de esta salida la cual es:

$$G(s) = \frac{-0.83741s^2 - 1122.57s + 4100.492}{s^3 + 15.53s^2 + 6239.66s + 90399.12}$$

Modelo ARMAX

Se utilizó el comando ARMAX de matlab, el cual estima los parámetros del modelo ARMAX usando mínimos cuadrados [2].

Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo ARMAX. Al llevar a cabo esto se obtuvo la gráfica mostrada en la Fig. 4, la cual muestra la aproximación que tiene el modelo identificado al modelo real.

En la Fig. 4 se muestra la comparación de la salida real del sistema ante la entrada, con la salida identificada.

Los valores de na , nb , nc y nk que se utilizaron en la función ARMAX son los siguientes:

```
>> ARMAX=arimax(robot,[3 3 3 1])
```

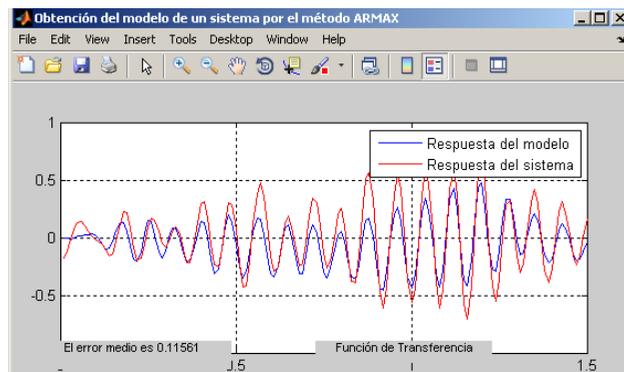


Fig. 4. Modelo ARMAX del brazo robótico flexible

El error que se obtiene entre estas 2 señales es de: 0.11561.

En la Fig. 4 también se observa que la respuesta del modelo y la respuesta del sistema real tienen casi la misma dinámica, aunque a diferencia del modelo ARX, el modelo ARMAX resulta tener más desviaciones con respecto al sistema real.

Dentro del mismo programa se obtuvo la Función de Transferencia de esta salida la cual es:

$$G(s) = \frac{1.7174s^2 - 1056.7s + 37520.21}{s^3 + 3.4713s^2 + 6266.36s + 15487.19}$$

Modelo OE

Se utilizó el comando OE de matlab, el cual estima los parámetros del modelo OE usando mínimos cuadrados [2].

Para una mejor sintonización, se estimaron cada uno de los parámetros del polinomio del modelo OE. Al llevar a cabo esto se obtuvo la gráfica mostrada en la figuras 5, la cual muestra la aproximación que tiene el modelo identificado al modelo real.

En la Fig. 5, se muestra la comparación de la salida real del sistema ante la entrada, con la salida identificada.

Los valores de nb , na y nk que se utilizaron en la función OE son los siguientes:

```
>> OE=OE(robot,[3 3 1])
```

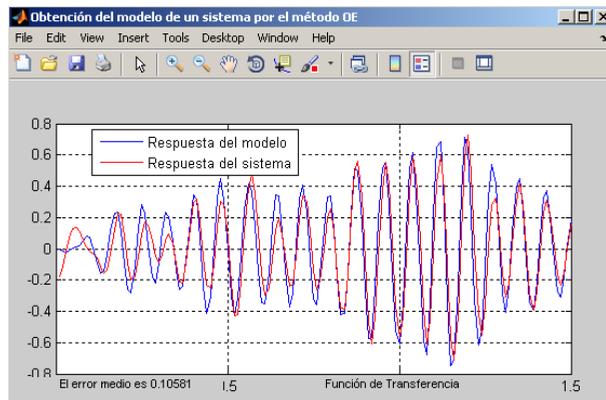


Fig. 5. Modelo OE del brazo robótico flexible

El error que se obtiene entre estas 2 señales es de: 0.10581.

En la *Fig. 5* se observa que la respuesta del modelo y la respuesta del sistema real tienen casi la misma dinámica, aunque en ciertos intervalos no alcanza la amplitud para ser identificada de manera óptima.

Dentro del mismo programa se obtuvo la Función de Transferencia de esta salida la cual es:

$$G(s) = \frac{-6.35s^2 - 1649.16s + 4450.02}{s^3 + 11.6s^2 + 6316.99s + 69503.92}$$

En la *Tabla 1* se muestra una comparación entre los parámetros y los errores de cada una de las estructuras simuladas para el modelo matemático del brazo robótico flexible.

Modelo	Parámetro	Porcentaje de error
ARX	[3 3 1]	0.101
ARMAX	[3 3 3 1]	0.115
OE	[3 3 1]	0.105

Tabla 1. Tabla comparativa de las estructuras

En esta tabla se observa que el modelo matemático de la estructura que presento menor error con respecto al sistema original del brazo robótico flexible fue el OE.

4 Conclusiones

La utilización del proceso de identificación de sistemas, permite identificar modelos sencillos cuya implementación matemática es factible, permitiendo la simulación de los sistemas analizados, así como el trabajo en tiempo real. En este documento se trabajó con identificación de sistemas aplicado a una configuración de laboratorio que actúa como un brazo robótico flexible. Se probaron tres métodos de identificación de sistemas, método de identificación ARX, ARMAX y



OE. Se logró observar que en los tres diferentes métodos, el error es muy bajo, aunque el método OE mostró mejores resultados al aproximarse más al sistema real.

5 References

Ljung L., System Identification – Theory for the user, (Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs), (1987).

Ljung L., System Identification – Toolbox for use with Matlab, (The Mathworks Inc. Mass, USA), (1991).

Katsuhiko Ogata, Ingeniería de control moderno, (Ed. Prentice Hall), (2003).

Base de datos Daisy: <http://homes.esat.kuleuven.be/~smc/daisy>



1.8 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y SEÑALES

BIBLIOTECA DE FUNCIONES ESTEGANOGRÁFICAS PARA AUDIO E IMÁGENES.

Roberto Carlos Medrano-Morales, Carlos Cortés-Bazán, Cesar Enrique Rojas-López, Rubén Vázquez-Medina.

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacan,

Santa Ana 1000, San Francisco Culhuacan, Coyoacán, 04430 Ciudad de México, Distrito Federal.

{rmedranom1100, ccortesb, crojas, ruvazquez}@ipn.mx

Resumen— Se presentan una serie de funciones para ocultar información en archivos de audio e imágenes en formato digital. Se aplica el criterio de la Transformada Discreta de Coseno (DCT) para el caso de audio y el método del Bit Menos Significativo (LSB, por sus siglas en inglés) para el caso de imágenes. Con esta propuesta se pretende ayudar a resolver parte del problema de los prisioneros propuesto por Simmons, el cual existe cuando se desarrolla una aplicación en software para proporcionar seguridad en las comunicaciones. Así mismo, se presentan dos formas de comparación entre el esteganograma y los archivos originales de audio digital usados como portadora. Estas dos formas son el coeficiente de correlación y la divergencia de Kullback-Leibler, las cuales permiten medir objetivamente la similitud entre el esteganograma y la portadora.

Abstract— This paper presents a set of functions to hide information in digital audio and images files. The Discrete Cosine Transform (DCT) applied to digital audio files and the Least Significant Bit (LSB) applied to images are used as hidden methods. This proposal aims to solve a part of the prisoner's problem proposed by Simmons. This paper also presents two ways of comparing a steganogram and the original digital audio files used as carrier in this process. The criteria used for comparing the files are the correlation coefficient and the Kullback-Leibler divergence, which allow measuring objectively the similarity between the steganogram and the carrier.

1. INTRODUCCIÓN.

Simmons propuso en 1983 [1] un escenario en el que dos ladrones planean realizar un robo, y plantean que si algo sale mal, y fueran capturados, previamente buscan la forma de como planear su escape. A estos ladrones se les llama Alicia (A) y Beto (B); ya que son muy astutos, al ser capturados la policía decide permitirles comunicación bajo dos condiciones; *a*) Todo mensaje que se envíe entre ellos no puede estar cifrado y *b*) Todo mensaje, será revisado previamente por un guardia llamada Wendy (W), la cual decidirá si la información puede o no ser enviada. Sabiendo que W revisa cada mensaje enviado, pueden ocurrir 3 situaciones:

- a) W sospecha que lo que se envía puede ser algo más que una carta y decide no enviar dicho mensaje a su destino, por lo que A y B perderán continuidad en la comunicación.
- b) W decide alterar el mensaje, con el fin de ver si puede descubrir algo sospechoso en la contestación de alguno de ellos.
- c) W decide crear un mensaje con el fin de engañar a A y B tratando de hacer que cometan una falla.

De aquí, surge la esteganografía como una herramienta importante para ayudar a solucionar el



problema de los prisioneros, antes descrito. La esteganografía se ha convertido en una ciencia que busca ocultar un mensaje importante dentro de otro intrascendente o inofensivo. Esto implica que el mensaje a ocultar debe de llegar al receptor desapercibidamente, a través de un medio, donde el mensaje que sirve para ocultar la información importante debe de ser información intrascendente o inofensiva, como lo describe Cachin en 2005 [2].

La historia, ha proporcionado un gran número de situaciones donde información de importancia tiene que pasar a través de territorios hostiles para llegar a su destino, por lo cual el hombre ha ideado diferentes formas de ocultar la información. De aquí la importancia de la esteganografía, que según Velasco et al. 2007 [3] es un arte antiguo para ocultar información sensible.

La esteganografía puede utilizarse en diferentes ámbitos como el político, social y militar, entre otros; pero siempre con el fin de ocultar información importante. De las primeras referencias encontradas en la antigüedad, se tiene el caso de Herodotus 440 AC, quien describe dos aplicaciones básicas, Demeratus buscaba notificar a Sparta que Xerxes intentaba invadir a Grecia. Entonces,

1. Raspó una tabla para poder escribir el mensaje y luego la cubrió de cera. Con esto, se pretendía que las tablas pasaran desapercibidas ante los guardias.
2. Afeitó la cabeza de un mensajero para poder tatuar un mensaje o imagen. Después de que su cabello crecía el mensajero salía a entregar el mensaje, recurriendo a afeitarse de nuevo.

Como estos existen muchos ejemplos, donde la forma de ocultar información evoluciona con el tiempo, desde la tinta invisible, pinturas, hasta las primeras imágenes en computadora. En la actualidad la esteganografía se aplica en archivos digitales; en la mayoría de los casos, gracias al uso de la computadora, estos archivos pueden ser imágenes, texto, audio o video. La esteganografía en audio e imágenes es una técnica que permite diferentes formas de ocultar información. Por ejemplo, Bit Menos Significativo (LSB, por sus siglas en inglés) o el uso de las transformadas en frecuencia como la Transformada Discreta del Coseno (DCT, por sus siglas en inglés). La DCT realiza una buena compactación de energía y tiende a concentrar la mayor parte de la información de la señal en los coeficientes de baja frecuencia. Esto implica que se necesita un menor número de coeficientes para representarla según lo muestra Velasco et al. En 2007 [3]. El método LSB) para imágenes es bueno respecto al nivel de degradación de la señal de transporte, ya que se aprovecha de la capacidad visual que tiene el ser humano, el cual no logra distinguir entre una vecindad de valores cercanos al valor real. Además, el bit menos significativo es el que aporta menos información a una imagen. Por ejemplo, si al número binario 1111 (15) se le modifica el bit que está más a la izquierda, se obtiene 0111 (7); Pero si se le modifica el bit que está más a la derecha, esto es, el bit menos significativo, se obtiene 1110 (14), lo que implica un cambio menor en el valor de la cantidad original, ayudando a que el cambio, en el cual puede involucrarse a un mensaje, pase desapercibido [4].

La calidad del audio y de las imágenes desde el punto de vista de la esteganografía es muy importante, ya que si la señal digital que se usa como portadora es de buena calidad, el esteganograma debe de ser casi de la misma calidad, de modo que no se perciba la diferencia entre la portadora y el esteganograma. Para evaluar objetivamente qué tanto se parecen la portadora y el esteganograma se usan dos métodos matemáticos: el coeficiente de correlación y la divergencia de Kullback-Leibler.



2. DESARROLLO.

2.1 Transformada Discreta de Coseno.

La DCT es una transformada muy similar a la Transformada Discreta de Fourier. En la ecuación (1) se puede observar la DCT para una secuencia de longitud N y dimensión uno.

$$C(u) = \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{2N} \right]. \quad (1)$$

Para $u=0, 1, 2, \dots, N-1$. Simultáneamente, la transformación inversa se define en la ecuación (2).

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} \alpha(u) C(u) \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{2N} \right]. \quad (2)$$

Para $x=0, 1, 2, \dots, N-1$. Para ambas ecuaciones (1) y (2) se define $\alpha(u)$ en la ecuación (3).

$$\alpha(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{para } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{para } u \neq 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Está claro de la ecuación (1) que para $u = 0 \rightarrow C(u = 0) = \sqrt{\frac{1}{N}} \sum_{x=0}^{N-1} f(x)$. El coeficiente de la primera transformada es el valor promediado de la secuencia de muestras y a este valor se le asigna el nombre coeficiente de corriente directa, y es el valor con mayor cantidad de información de una señal, porque es donde mayor cantidad de energía se almacena. Los coeficientes restantes de la transformada reciben el nombre de coeficientes de corriente alterna.

A continuación se muestra el código realizado en MATLAB.

Función que oculta en audio digital.

```
function [v_esteg,elem]=oculta(pista1,pista2,k)
```

```
% Name: oculta.m
```

```
% By Roberto Carlos Medrano Morales
```

```
% Ver 27/02/2013
```

```
%
```

```
% Input variables:
```

```
% pista1- Carrier in WAV format
```

```
% pista2- Message in WAV format
```

```
% k - Position in which begin the hiding process
```

```
% Output variables:
```

```
% esteg - vector that contains the Steganogram (audio signal in WAV format)
```



```
% elem - Number of int elements hidden
[portadora,fs]=wavread(pista1,'native');
[mensaje,fa]=wavread(pista2,'native');
transformada=dct(portadora); %realization of the discrete cosine transform
[a,b]=size(transformada);
mitad=ceil(a*k); %obtaining the position where you start to insert the elements of the
message
mensajeTDC=dct(mensaje); %realization of the discrete cosine transform
distA=length(mensaje);
grande=0;
if distA <= mitad
    k=1;
    for j=1 : b
        for i=mitad : a
            if k <= distA
                transformada(i,j)=mensajeTDC(k,1); %values ??are replaced by the message
carrier
                k=k+1;
            else
                end
            end
        end
    end
else
    disp('EL ARCHIVO A OCULTAR ES MUY GRANDE')
    grande=1;
end
if grande ==1
    v_esteg=0; % Realization of Inverse Discrete Cosine Transform
    elem=0;
else
    v_esteg=int16(idct(transformada)); % Realization of Inverse Discrete Cosine Transform
    elem=distA;
end
```



end

Función que recupera en audio digital.

```
function [rec_msg]=recupera(pista1,elem,k)
```

```
% Name: recurpera.m
```

```
% By Roberto Carlos Medrano Morales
```

```
% Ver 27/02/2013
```

```
%
```

```
% Input variables:
```

```
% pista1- Steganogram in WAV format
```

```
% elem - Number of elements int16 hidden
```

```
% k - Position in which begin the hidden process
```

```
% Output variables:
```

```
% rec_msg - vector that contain recovered message (audio signal in WAV format)
```

```
[esteganograma,fe]=wavread(pista1,'native');
```

```
estegobjeto=dct(esteganograma); %realization of the discrete cosine transform
```

```
mitad=ceil((length(estegobjeto))*k); %obtaining the position where you start to insert the  
elements of the message
```

```
distA=elem;
```

```
    j=1;
```

```
    for i=mitad : (mitad+distA-1)
```

```
        rec1(j,1)=estegobjeto(i,1); %we obtain the first vector of values ??of hidden message
```

```
        rec2(j,1)=estegobjeto(i,2); %yields the second vector of values ??of the hidden message
```

```
        j=j+1;
```

```
    end
```

```
rec=[rec1,rec2]; % Integration of two vector in only one audio matrix
```

```
rec_msg=int16(idct(rec)); % Realization of Inverse Discrete Cosine Transform
```

```
end
```



2.2 Bit Menos Significativo (LSB).

Para una computadora, una imagen es prácticamente una matriz de puntos o píxeles, en donde cada píxel representa la intensidad de un color en números. Una imagen es de $n \times m$ píxeles y puede contener 256 colores representados en 8 bits por píxel. El método LSB sustituye el último, o los últimos bits de cada byte, de tal forma que se puede repetir este proceso con cada byte sin que el ojo humano aprecie diferencia alguna en la imagen que sirve como portadora. A continuación se muestra el código realizado en MATLAB.

Función que oculta en imagen digital.

```
function [m_esteg,tam]=ocultal(lm1,arch,bit)
% Name: ocultal.m
% By Roberto Carlos Medrano Morales
% Ver 27/02/2013
%
% Input variables:
% lm1 - Carrier format images.
% arch - Message to hide.
% bit - Number of bits to be used to modify.
% Output variables:
% m_esteg - An array containing the hidden message.
% tam - Number of int elements hidden
portadora=imread(lm1);
fid=fopen(arch); %SE APUNTA AR ARCHIVO DESEADO.
[mensaje,elementos]=fread(fid,inf,'uint1');
[filas,columnas]=size(portadora);
tam_max=filas*columnas;
esteganograma=portadora;
k=1;
res=0;
if bit==1
    if elementos <= tam_max
        for i=1 : filas
            for j=1 : columnas
                if (k<=elementos)
                    %% Process where the message bits inserted.
                    valbin=dec2bin(portadora(i,j));
                    valbin=valbin-48;
                    distvalbin=length(valbin);
                    valbin(distvalbin)=mensaje(k,1);
                    %% Conversion of binary value to ASCII signature.
                    resul=0;
                    m=0;
                    for n=distvalbin : -1 : 1
                        if valbin(1,n)==1
                            resul=resul+(2^m);
                            m=m+1;
                        else
                            m=m+1;
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end
```



```
end
end
%% End of conversion.
esteganograma(i,j)=resul; % It inerserta the modified value.
k=k+1;
res=res+1;
else
end
end
end

end
else %% message is inserted in the two least significant bits.
if bit==2
if elementos <= (2*tam_max)
for i=1 : filas
for j=1 : columnas
if (k<=elementos)
valbin=dec2bin(portadora(i,j));
valbin=valbin-48;
distvalbin=length(valbin);
valbin(distvalbin-1)=mensaje(k,1);
valbin(distvalbin)=mensaje(k+1,1);
%% Conversion of binary value to ASCII signature.
resul=0;
m=0;
for n=distvalbin : -1 : 1
if valbin(1,n)==1
resul=resul+(2^m);
m=m+1;
else
m=m+1;
end
end
end
%% End of conversion.
esteganograma(i,j)=resul; % It inerserta the modified value.
k=k+2;
res=res+1;
else
end
end
end
end
end
end
m_esteg=esteganograma; % It returns the matrix that hides the post.
tam=res; % It returns the number of positions where hidden.
End
```



Función que recupera en imagen digital.

```
function [rec_msj]=recuperal(estegobjeto,elem,bit)
% Name: recuperal.m
% By Roberto Carlos Medrano Morales
% Ver 27/02/2013
%
% Input variables:
% estegobjeto - Steganogram format images.
% elem       - Positions where hidden information.
% bit        - Number of bits to be used to modify.
% Output variables:
% rec_msj - Vector containing the information retrieved.
estegobjeto=imread(estegobjeto);
[filas,columnas]=size(estegobjeto);
k=1;
if bit==1
    msj=zeros(1,elem);
    for i=1 : filas
        for j=1 : columnas
            if (k<=elem)
                valbin=dec2bin(estegobjeto(i,j));
                valbin=valbin-48;
                distvalbin=length(valbin);
                msj(1,k)=valbin(distvalbin);
                k=k+1;
            else
                end
            end
        end
    end
%% conversion del valor binario a su firma ASCII
num=1;
tam=1;
eval=1;
while (eval < elem)
    eval=8*num;
    resul=0;
    m=0;
    for n=(eval-7) : 1 : (eval)
        if msj(1,n)==1
            resul=resul+(2^m);
            m=m+1;
        else
            m=m+1;
        end
    end
    rec(tam,1)=resul;
    tam=tam+1;
    num=num+1;
end
```



```
%% fin de conversion
rec_msj=rec;
else
  if bit == 2
    msj=zeros(1,(2*elem));
    ll=1;
  %   elem=elem/2;
  for i=1 : filas
    for j=1 : columnas
      if (k<=elem)
        valbin=dec2bin(estegobjeto(i,j));
        valbin=valbin-48;
        distvalbin=length(valbin);
        msj(1,k)=valbin(distvalbin-1);
        msj(1,k+1)=valbin(distvalbin);
        k=k+2;
        ll=ll+1;
      else
        end
      end
    end
  end
  %% conversion del valor binario a su firma ASCII
  num=1;
  tam=1;
  eval=1;
  while (eval < (2*elem))
    eval=8*num;
    resul=0;
    m=0;
    for n=(eval-7) : 1 : (eval)
      if msj(1,n)==1
        resul=resul+(2^m);
        m=m+1;
      else
        m=m+1;
      end
    end
    rec(tam,1)=resul;
    tam=tam+1;
    num=num+1;
  end
  rec_msj=rec;
end
end
end
```

2.3 Coeficiente de Correlación.

Este coeficiente es una medida estadística que proporciona información sobre la relación lineal que



existe entre 2 variables cualesquiera. Esta información se basa principalmente en dos características: la dirección o sentido y la cercanía o fuerza [5] de las dos señales que se comparan. Es importante notar que el uso de este coeficiente tiene sentido solo si la relación entre dos variables es del tipo lineal. Si no lo es, el coeficiente solo indica la ausencia de una relación lineal, más no la ausencia de relación alguna. Dado esto, algunas veces el coeficiente de correlación se define de manera más general como un instrumento estadístico que mide el grado de asociación lineal entre 2 variables [5]. El coeficiente de correlación se obtiene por medio de la ecuación (4).

$$\text{Corr}(X, Y) = r_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{s_x} \right) \left(\frac{y_i}{s_y} \right), \quad (4)$$

donde,

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n-1}}, \quad (5)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n-1}}. \quad (6)$$

El coeficiente de correlación se caracteriza por tomar valores $-1 \leq r \leq 1$. Su interpretación depende del valor y del signo que tome, el signo de r indica la dirección de la relación lineal, valores positivos indican una relación directa y los valores negativos indican relación inversa entre las variables [5]. En la Tabla I se pueden observar los posibles valores que toma este coeficiente.

2.4 Divergencia de Kullback-Leibler.

En Teoría de la Probabilidad, la divergencia de Kullback-Leibler es un indicador de la similitud entre dos funciones de distribución. Dentro de la Teoría de la información también se le conoce como divergencia de la información, ganancia de la información o entropía relativa [6]. Se calcula a partir de la ecuación (7).

$$D = \sum_{j=1}^M \rho_{1j} \log \frac{\rho_{1j}}{\rho_{2j}}, \quad (7)$$

Donde ρ_{1i} y ρ_{2i} son las funciones de densidad de probabilidad que indican la frecuencia relativa de cada una de las señales.

2.5 Funciones esteganográficas.

Se crearon funciones esteganográficas que permiten ocultar información, para el caso de audio e imágenes. En la Tabla II se observan las funciones esteganográficas correspondientes.



Tabla II.

Función.	Parámetros de entrada.	Parámetros de salida.	Descripción.
oculta	<p>PISTA1: PORTADORA EN FORMATO WAV, A LA QUE SE LE INSERTA EL MENSAJE.</p> <p>PISTA2: MENSAJE A OCULTAR EN FORMATO WAV.</p> <p><i>k:</i> Posición a partir de la que se inserta el mensaje, $0 \leq k \leq 1$.</p>	<p>V_ESTEG: ESTEGANOGRAMA.</p> <p><i>elem:</i> Número de elementos insertados</p>	Oculta audio en audio, los dos en formato wav.
recupera	<p>PISTA1: ESTEGANOGRAMA.</p> <p>ELEM: NÚMERO DE ELEMENTOS INSERTADOS.</p> <p>K: POSICIÓN A PARTIR DE LA QUE SE INSERTA EL MENSAJE, $0 \leq K \leq 1$.</p>	<p>REC_MSG: VECTOR QUE CONTIENE EL MENSAJE RECUPERADO.</p>	Recupera audio en formato wav.
ocultal	<p>IM1: PORTADORA EN FORMATO DE IMAGEN, A LA QUE SE LE INSERTA EL MENSAJE.</p> <p>ARCH: MENSAJE A OCULTAR EN FORMATO TXT, DOCX, PPT, ETC.</p> <p><i>bit:</i> Bits escogidos para modificar puede ser 1 o 2.</p>	<p>M_ESTEG: MATRIZ QUE CONTIENE EL MENSAJE OCULTO (ESTEGANOGRAMA).</p> <p>TAM: NÚMERO DE ELEMENTOS INSERTADOS</p>	Oculta diferentes tipos de archivos dentro de una imagen.
recuperal	<p>ESTEGOBJETO: IMAGEN QUE CONTIENE EL MENSAJE OCULTO (ESTEGANOGRAMA).</p> <p>ELEM: NÚMERO DE ELEMENTOS INSERTADOS.</p> <p>BIT: BITS ESCOGIDOS PARA MODIFICAR PUEDE SER 1 O 2</p>	<p>REC_MSJ: VECTOR QUE CONTIENE EL MENSAJE RECUPERADO.</p>	Recupera diferentes tipos de archivos dentro de la imagen.

Tabla II. Funciones Esteganográficas.



3. PUEBAS Y RESULTADOS.

Para probar los métodos de inserción se realizaron las pruebas considerando los archivos que se muestran en la Tabla III. Como portadora, para el caso de audio se tomaron los archivos “depende.wav” y “almas.wav”, para los mensajes a ocultar se tomaron dos archivos de audio, “adele.wav” y “mana.wav” respectivamente. Para el caso de las imágenes, las portadoras se llaman “conejo.png” y “pájaro.bmp” y los mensajes a ocultar son los archivos “escape.ppt” y “P20.txt”. Nótese que los mensajes a ocultar son los archivos de menor tamaño. En la Tabla III se observa el tamaño en memoria que ocupa cada archivo utilizado como ejemplo para este artículo. La esteganografía dice que el esteganograma creado no debe de ser diferente a la señal usada como portadora, para audio las dos señales debe de escucharse iguales y para las imágenes deben de verse iguales, pero también su espacio en memoria de ambas señales debe de coincidir. En la Tabla IV se comparan los tamaños de los 4 archivos utilizados como portadora y los 4 esteganogramas creados a partir de las portadoras y los mensajes que se insertaron. Ya que se llevó a cabo la inserción de información del mensaje dentro de la portadora, se realiza una prueba objetiva para saber numéricamente que tan parecido es el esteganograma a la portadora. En la Tabla V se observa los valores obtenidos para la divergencia Kullback-Leibler. En la Tabla VI se observa el coeficiente de correlación para los archivos utilizados donde cabe mencionar que entre más cercano a 1 sea el valor obtenido, más parecida es el esteganograma a la portadora. Ahora en la tabla VII, se muestran las imágenes utilizadas como portadoras así como los esteganogramas obtenidos y el contenido de los mensajes insertados, en el caso del mensaje insertado en la imagen *pájaro.bmp*, solo se muestra parte del mensaje insertado.

4. CONCLUSIONES.

Estas funciones son una buena opción para proteger información importante, ya que permite pasar dicha información sin levantar sospecha alguna. Estas funciones ofrecen una degradación de la señal bastante pequeña, esto se observa en los resultados arrojados por el coeficiente de correlación y la divergencia Kullback-Leibler. Además, se puede concluir que para realizar una buena práctica de esteganografía los archivos usados como portadora deben de ser archivos únicos. Por ejemplo, en el caso de imágenes se puede tomar una foto de algún lugar o alguna mascota como las que se presentaron en este artículo, así, si alguien ajeno a la comunicación interceptara el esteganograma no tendría contra quien comparar el esteganograma ya que es una imagen única y no sabría si fue alterada.

Además, se puede concluir que el coeficiente de correlación para el caso de las imágenes es mejor que la divergencia Kullback-Leibler ya que el coeficiente de correlación actúa pixel a pixel de las dos imágenes y como solo se usa el bit menos significativo, este coeficiente muestra que a pesar que las imágenes fueron alteradas presentan una gran correlación, por eso da su valor máximo, esto ayuda en el caso de que si alguien ajeno al canal interceptara el esteganograma y el tuviera la misma portadora, al usar el coeficiente de correlación, le mostraría un valor igual a 1 y pensaría que la imagen es exactamente la misma, y así no sospecharía de que tiene un mensaje oculto. La divergencia compara sus frecuencias relativas y en el esteganograma cambian algunas frecuencias relativas por la modificación del bit menos significativo por eso da un valor cercano a cero. Para el caso del audio las pruebas tanto subjetivas como objetivas arrojaron buenos resultados, se obtienen buenos resultados del coeficiente de correlación el cual arroja valores cercanos a uno los cuales nos muestran una alta correlación y la divergencia Kullback-Leibler, nos muestra valores cercanos a cero, que según su ecuación entre más cercano a cero sea el valor



más parecidas son sus funciones de probabilidad, en la forma subjetiva se comparan visualmente las imágenes de la Tabla VII y se puede apreciar que no hay diferencia entre las portadoras y los esteganogramas. En el audio se escucharon las pistas y tampoco se aprecian cambios entre las portadoras y los esteganogramas, además ya contamos con otras funciones que insertan imágenes y texto en audio con el criterio de la DCT y utilizando el byte más significativo.

Tabla I.

VALOR DEL COEFICIENTE	INTERPRETACIÓN
$0 < r < 1$ y $r \rightarrow 1$	Relación lineal positiva y fuerte.
$0 < r < 1$ y $r \rightarrow 0$	Relación lineal positiva y débil.
$r = 0$	No existe relación lineal.
$-1 < r < 0$ y $r \rightarrow -1$	Relación lineal negativa y fuerte.
$-1 < r < 0$ y $r \rightarrow 0$	Relación lineal negativa y débil.

Tabla I. Valores que toma el coeficiente de correlación.

Tabla III.

Portadora.	Tamaño.	Mensaje.	Tamaño.
<i>depende.wav</i>	7.49MB	<i>adele.wav</i>	1.87MB
<i>almas.wav</i>	17.3MB	<i>mana.wav</i>	1.28MB
<i>conejo.png</i>	1.99MB	<i>escape.ppt</i>	121KB
<i>pájaro.bmp</i>	65KB	<i>P20.txt</i>	2KB

Tabla III Tamaños en memoria de los archivos utilizados.

Tabla IV.

Portadora	Esteganograma	Tamaño portadora	Tamaño esteganograma
<i>depende.wav</i>	<i>dependeE.wav</i>	7.49MB	7.49MB
<i>almas.wav</i>	<i>almasE.wav</i>	17.3MB	17.3MB
<i>conejo.png</i>	<i>conejoE.png</i>	1.99MB	1.99MB
<i>pájaro.bmp</i>	<i>pájaroE.bmp</i>	65KB	65KB

Tabla IV Comparación de tamaños en memoria de portadora y esteganograma.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Tabla V.

Portadora	Esteganograma	Divergencia de Kullback-Leibler
<i>depende.wav</i>	<i>dependeE.wav</i>	0.0039
<i>almas.wav</i>	<i>almasE.wav</i>	4.4557e-04
<i>conejo.png</i>	<i>conejoE.png</i>	5.8021e-04
<i>pájaro.bmp</i>	<i>pájaroE.bmp</i>	0.0617

Tabla V Divergencia de Kullback-Leibler.

Tabla VI.

Portadora	Esteganograma	Coefficiente de Correlación.
<i>depende.wav</i>	<i>dependeE.wav</i>	0.9059
<i>almas.wav</i>	<i>almasE.wav</i>	0.9732
<i>conejo.png</i>	<i>conejoE.png</i>	1.0000
<i>pájaro.bmp</i>	<i>pájaroE.bmp</i>	1.0000

Tabla VI Coeficiente de Correlación.

Tabla VII.

Portadora	Esteganograma	Mensaje
		Se insertó un archivo en formato .ppt, documento de Microsoft Power Point con un tamaño de 123KB. El cual contiene una imagen y texto.
		SE INSERTÓ UN ARCHIVO EN FORMATO .TXT, DOCUMENTO CON UN TAMAÑO DE 2KB, EL CUAL CONTIENE UN POEMA DE PABLO NERUDA.

Tabla VII Portadoras y esteganogramas.



REFERENCIAS

- [1] Simmons, G. J., "The prisoner's problem and the subliminal channel", in Proceedings Crypto'83, Lecture Notes in Computer Science, Plenum Press, 1984, pags. 51-67.
- [2] Christian Cachin, IBM Research, Zurich Research Laboratory, "Digital Steganography", CH-8803 Rüschlikon, Switzerland, cca@zurich.ibm.com, February 17, 2005.
- [3] Carlos L. Velasco B. Julio C. López H. Mariko Nakano M. Héctor M. Pérez M. "Esteganografía en una imagen digital en el dominio de la DCT", 2007.
- [4] Bonilla- Luis Jorge, Llano- Mónica, Ramírez- Alfonso. "Esteganografía en el Protocolo HTTP", IV Jornada Nacional de Seguridad Informática ACIS – 2004.
- [5] <http://www.pucp.edu.pe/economia/pdf/DDD218.pdf>.
- [6] Javier Ramírez, José C. Segura, Carmen Benítez, Ángel de la Torre, Antonio J. Rubio, "Detector de actividad de voz basado en la distancia de Kullback-Leibler con aplicación a reconocimiento robusto de voz" Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada



FPGA PROCESSOR FOR MATRIX BASED OPERATIONS

Griselda Saldaña González¹, Ramón Silva Ortigoza²

¹ División de Automatización y Energías, Universidad Tecnológica de Puebla

Antiguo camino a la resurrección 1002-A, Zona industrial Oriente, C. P. 72300 Puebla, Pue.
México

² Departamento de Posgrado, Área de Mecatrónica, CIDETEC-IPN, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, México DF, México

Abstract

Matrix-based operations are very common in science and engineering in a wide variety of applications, however, its computational cost is high; therefore it is important to reduce the processing time. This paper presents an architecture targeting a XCV2000E XILINX Virtex-E FPGA for an efficient implementation of some matrix operations using a 2D systolic array. The architecture is customizable providing the possibility of performing matrix operations of variable size. The 2D array is based on parallel modules with internal pipeline operation where every processing element can be configured according to a control word. The architecture comprises a scheme to reduce the number of accesses to data memory and Router elements to handle data movement among different structures inside the same architecture, adding the possibility of chaining interconnection of multiple processing blocks. In order to test the architecture, low level image operations are performed. Results show that the architecture constitutes a versatile, modular and scalable platform not only for linear algebra operations, but to test and implement low-level image processing algorithms in real time. Using 640×480 gray level images, a peak performance in the order of GOPS can be achieved.

Resumen

Las operaciones basadas en matrices son muy comunes en ciencias e ingeniería en una amplia variedad de aplicaciones, sin embargo, su costo computacional es alto, por lo que es importante reducir el tiempo de procesamiento. En este trabajo se presenta una arquitectura basada en un FPGA Virtex-E XCV2000E de Xilinx para la implementación eficiente de algunas operaciones matriciales usando un arreglo sistólico de dos dimensiones. La arquitectura es parametrizable ya que proporciona la posibilidad de realizar operaciones de matrices de tamaño variable. El arreglo 2D se basa en módulos en paralelo con una operación interna en pipeline donde cada elemento de procesamiento puede ser configurado de acuerdo con una palabra de control. La arquitectura presenta un esquema para reducir el número de accesos a la memoria de datos y elementos Ruteadores para manejar el movimiento de datos entre diferentes estructuras dentro de la misma arquitectura, añadiendo la posibilidad de interconexión en cadena de múltiples bloques de procesamiento. Con el fin de probar la arquitectura, se han realizado operaciones de bajo nivel de imágenes. Los resultados muestran que la arquitectura constituye una plataforma versátil, modular y escalable no sólo para operaciones de álgebra lineal, sino que permite probar e implementar algoritmos de procesamiento de imágenes de bajo nivel en tiempo real. Utilizando imágenes en escala de grises de 640×480, se puede obtener un desempeño pico en el orden de GOPS.



1. INTRODUCTION

Matrices are used in the numerical calculation in order to solve linear equations systems, differential equations and partial derivatives. Matrices naturally appear in geometry, statistics, economics, computer science, and physics, among others [1] [2]. The problem has a simple structure and a set of well-defined properties which make it suitable as a benchmark for parallel computers [3].

Within the computing scene, there are several approaches to perform operations with matrices of large dimensions, which main objective is to reduce the computation time. Algorithms proposed in literature, try to exploit the parallelism inherent in the problem; operations can be completed in a shorter time if temporal locality in coefficients for both matrices is exploited [4].

An alternative solution is the utilization of reconfigurable computing systems based on Field Programmable Gate Arrays (FPGAs), which have demonstrated their efficiency to execute complex algorithms satisfying the simultaneous demand for application performance and flexibility [5] [6].

FPGAs possess several desirable attributes such as small size, low-power consumption, a large number of I/O ports, and a large number of computational logic blocks that make them ideal for implementation of platforms for complex applications [7].

This paper proposes an alternative for matrix-based operation using a hardware/software architecture. The hardware architecture is implemented using a XCV2000E-6 Virtex-E FPGA with the Xilinx Synthesis Technology (XST) tool and placed and route with Foundation ISE. Results show that the proposed scheme obtains better results than reported in literature, considering a comparable use of area.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 provides a brief description of matrix multiplication operation and its relation with window-based operators used in image processing algorithms, section 3 describes the proposed architecture organization and the systolic array functionality. Section 4 presents the FPGA implementation of the architecture and some results are shown and finally section 5 presents the conclusions and future work.

2. MATRIX MULTIPLICATION

Matrix multiplication is a computationally-intensive and fundamental matrix operation in many algorithms used in scientific computations. It serves as the basic building block for signal, image processing, graphics and robotic applications. To improve the performance of these applications, a high performance matrix multiplier is required.

The matrix multiplication $C = A \times B$ of two matrices A and B is conformable, if the number of columns of A is equal to the number of rows of B. The ij^{th} element of C is given by (1).

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj} \tag{1}$$

Where $A=[a_{ij}]$, $B=[b_{ij}]$ and $C=[c_{ij}]$ are matrices of appropriate dimensions.



Matrix multiplication can be generalized as a window-based operation, which is a low level operator widely used in image processing. A window-based image operator is performed when a window with an area of $w \times w$ pixels is extracted from the input image and it is transformed according to a window mask or kernel, and a mathematical function produces an output result [8]. The window mask is the same size as the image window and their values are constant through the entire image processing. The values used in the window mask depend on the specific type of features to be detected or recognized. Usually a single output data is produced by each window operation and it is stored in the corresponding central position of the window, as shown in Figure 1.

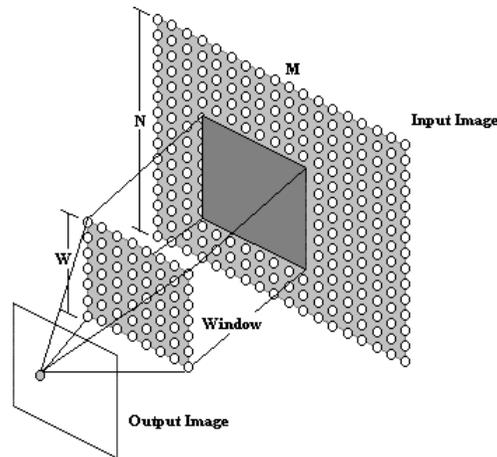


Figure 1. Window operation

Window-based operations can be formalized mathematically as follows. Let I be an $M \times N$ input image, Y the output image, and W a $w \times w$ window mask [9]. A window operation can be defined by Equation (2):

$$Y_{rc} = F(f(w_{ij}, I_{r+i, c+j})) \quad \forall (i, j) \in w \times w, \forall (r, c) \in M \times N \quad (2)$$

Where w_{ij} represents a coefficient from the window mask W , $I_{r+i, c+j}$ represents a pixel from a $w \times w$ window around the (r, c) pixel in the input image, f defines a scalar function, and F defines the local reduction function. Common scalar functions include relational operations, arithmetic operations, and logical operations. Local reduction functions employed are accumulation, maximum, and absolute value. In order to implement a flexible architecture these functions are considered.



3. ARCHITECTURE DESCRIPTION

The rectangular structure of matrices and images intuitively suggest that algorithms map efficiently to a 2D processors array, therefore the proposed architecture consists of a main module based on 2D, customizable systolic array of $w \times w$ Processing Elements (PEs) as can be observed in the block diagram in Figure 2.

The main purpose of the architecture is to allow processes chaining, therefore the basic scheme shown in Figure 2, can be replicated inside the same FPGA several times in order to process different algorithms independently. This processes chaining scheme provides the advantage of using a reduced bandwidth for communication between processing blocks due to all of them are inside the same FPGA.

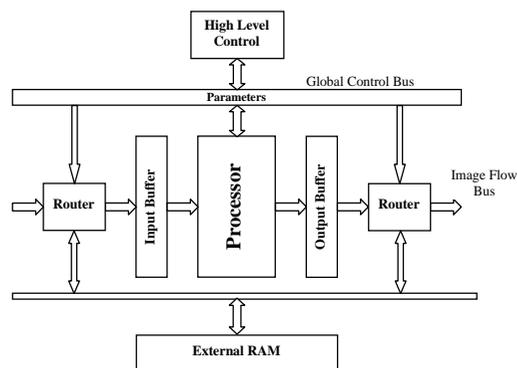


Figure 2. Block diagram of the architecture.

A global control bus receives processing parameters, which are common to all processing blocks, from the High level control unit, placed in a Host PC, and distributes them inside the architecture elements to interchange back and forward control or configuration information.

Input image pixels are read from external memory banks and Router elements transfer this information directly to a processing block or to a small input buffer to be stored before being processed. The Host PC starts and stops the operation in the system, furthermore it is responsible of image capturing and displaying. From the PC it is possible to choose a particular operation, including matrices multiplication, which can be performed by the PEs in the systolic array.

Window-based operators require access to some neighboring pixels in one cycle to perform a computation but input image data is stored in a linear memory organization; therefore irregular memory access is necessary resulting in huge memory bandwidth.

In order to avoid this problem, input buffers have been implemented using BlockRAM memories to keep some rows of the input image as neighboring elements. Data from these buffers can be accessed in parallel reducing the time required and they add the possibility to carry out computations with local data.



The output buffers store results from the process in execution. These results can be reused for subsequent processing blocks, avoiding recalculation of data from previous processing stages, or they can be sent to an external memory using the Router structures.

3.1. Systolic array description

The processor block of the architecture is shown in Figure 3. It is based on a 7x7 array of configurable PEs interconnected.

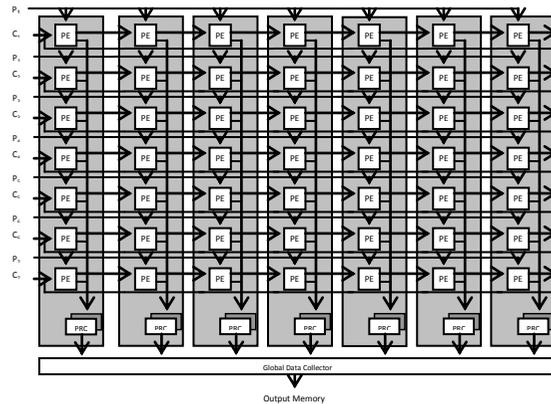


Figure 3. 2D systolic array implementation.

A window mask corresponds to the whole array, with every PE representing a pixel from the input image. The PEs array is vertically pipelined, PEs are activated progressively every clock cycle as shown in Figure 4.

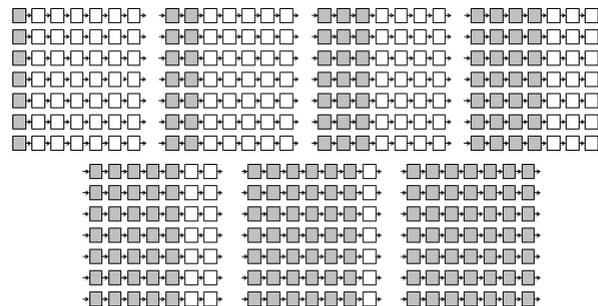


Figure 4. PE's activation schema.

At every clock cycle all PEs in an array column receive the same column of image pixel but mask coefficients are shifted from left to right between the array columns to calculate the window operation. Partial results are shifted to a local data collector (LDC) in charge of accumulate results located in the same column of the array and the captured results are sent to the global data



collector (GDC). The GDC stores the result of a window processed and sends it to the output memory buffer.

After a short latency period, all PEs in the array are performing a computation according to a control word. From that moment on, each new column of pixels sent to the array shifts the window mask to a new adjacent position until the whole image has been visited in the horizontal direction.

Reading image pixels from the buffer one row below, it is possible to cross the image in the vertical direction. The image buffer is actualized during PEs operation, in a circular pipeline schema too.

For simplicity the control unit for the systolic array has not been show in Figure 2. This module is in charge of generating all the control and synchronization signals for the elements of the architecture.

The control unit synchronizes external memory, input and output buffers banks, and systolic array computations. The control unit indicates which processors execute an operation and when a result must be sent to the output storage elements. The control unit has been decomposed into local and simpler control circuits which are synchronized through a restricted set of signals. Therefore some distributed control sub-units exist in the systolic array to manage data flow in the PEs, to generate output memory addresses, and systolic array computations.

3.2. Systolic array description

Each PE has been specially designed to support the operations involved in most window-based operators in image processing: Multiplication, addition, subtraction, accumulation, maximum, minimum, and absolute value.

One processing element comprises one arithmetic processor (ALU) and a local reduction module (Accumulator) and can be configured by a control word selected by the user as shown in Figure 5.

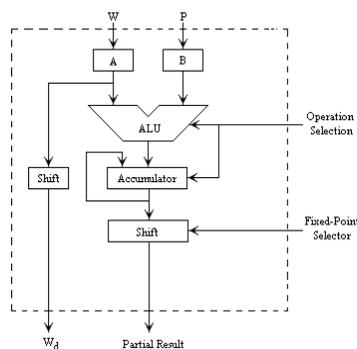


Figure 5. Processing element implementation.

The PE has two operational inputs, pixels from the input image (p) and coefficients from the window mask (w). Each PE has two output signals, the partial result of the window operation and a delayed value of a window coefficient (w_d) that is transmitted to its neighbor PE. For every clock cycle, each PE executes three different operations in parallel:

- Computes the pixel-by pixel value to be passed in the next computation cycle



- Integrates the contents of the outputs register calculated at the previous clock cycle, with the new value produced in the arithmetic processor (ALU).
- Reads a new mask coefficient and stores it into the register. Then, transmits the previous coefficient to the next PE.

When the systolic pipeline is full a window output is obtained every clock cycle providing a throughput of 1.

4. IMPLEMENTATION AND RESULTS

The architecture has been implemented using Handel-C DK4 and synthesized to a XCV2000E-6 Virtex-E FPGA with the Xilinx Synthesis Technology (XST) tool and placed and route with Foundation ISE 7.

For test purposes using a RC1000 board, 640x480 gray-level images and window masks of 7x7 have been used. Some technical details for the implementation are shown in Table I.

Table I. Technical data for the entire architecture.

<i>Element</i>	<i>Specification</i>
<i>FPGA technology</i>	<i>0.18 μm 6-layer metal process</i>
<i>Number of PEs</i>	<i>49</i>
<i>Off-chip memory data buses</i>	<i>21 bit-address, 32 bit data</i>
<i>Internal data buses for ALUs</i>	<i>8 bits for fixed-point operations</i>
<i>Number of Block RAMs:</i>	<i>18</i>
<i>Number of Slices</i>	<i>14,728</i>
<i>Number 4 input LUTs</i>	<i>28,239</i>
<i>Number of Flip Flops</i>	<i>8,348</i>
<i>Number of Flip Flops</i>	<i>8,348</i>
<i>Estimated Power Consumption</i>	<i>3 W</i>
<i>Clock frequency</i>	<i>55 MHz</i>
<i>Peak performance</i>	<i>~5..9 GOPs</i>

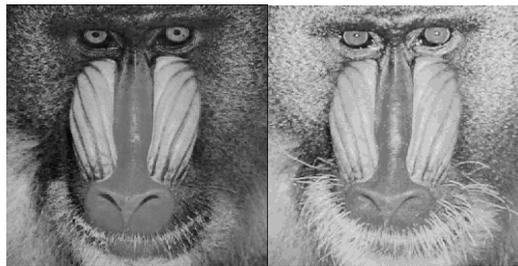


The hardware resource utilization for the complete architecture is about 60% of total logic available in the FPGA. Using the XPower tool included in ISE, a power consumption of 3 Watts has been measured. The Peak performance for some operations grows till 9 GOPs.

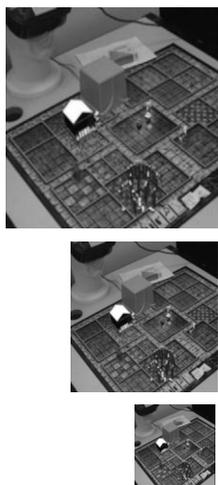
In order to test the architecture versatility some window-based algorithms have been tested in the FPGA board, filtering, erosion, dilation, Gaussian pyramid, and matrix by matrix multiplication. The obtained images are shown in Figure 6.



(a)



(b)



(c)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6 & 5 & 8 & 9 & 9 \\ 5 & 4 & 2 & 5 & 4 & 1 & 2 \\ 5 & 9 & 3 & 2 & 1 & 4 & 7 \\ 5 & 4 & 5 & 7 & 8 & 9 & 6 \\ 3 & 2 & 1 & 6 & 7 & 5 & 3 \\ 11 & 3 & 2 & 7 & 3 & 5 & 9 \\ 12 & 10 & 5 & 3 & 9 & 7 & 2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 8 & 5 & 1 & 19 & 9 \\ 5 & 41 & 2 & 5 & 9 & 10 & 2 \\ 7 & 22 & 3 & 2 & 6 & 4 & 8 \\ 5 & 4 & 5 & 17 & 8 & 19 & 6 \\ 3 & 12 & 5 & 6 & 14 & 5 & 1 \\ 1 & 3 & 2 & 27 & 13 & 5 & 9 \\ 2 & 9 & 5 & 30 & 9 & 17 & 2 \end{bmatrix}$$

$$A \times B = \begin{bmatrix} 135 & 440 & 158 & 673 & 405 & 396 & 198 \\ 111 & 307 & 111 & 245 & 180 & 297 & 116 \\ 132 & 540 & 125 & 434 & 249 & 379 & 150 \\ 170 & 489 & 186 & 645 & 410 & 475 & 236 \\ 100 & 260 & 121 & 396 & 265 & 306 & 133 \\ 173 & 349 & 205 & 606 & 294 & 573 & 229 \\ 222 & 703 & 215 & 474 & 391 & 519 & 262 \end{bmatrix}$$

(d)

Figure 6. (a) Filtering, (b) Morphologic Operators, (c) 2 level Gaussian pyramid, (d) Matrix Multiplication.



Table II summarizes the results obtained for this set of algorithms.

Table II. Summary of the architecture performance

<i>Application</i>	<i>Number of Slices</i>	<i>Clock Frequency</i>	<i>Power Consumption</i>
<i>Convolution</i>	<i>11,969 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.017 W</i>
<i>Filtering</i>	<i>11,969 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.017 W</i>
<i>Matrix multiplication</i>	<i>11,969 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.017 W</i>
<i>Gaussian pyramid</i>	<i>11,969 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.017 W</i>
<i>Erosion</i>	<i>12,114 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.4 W</i>
<i>Dilation</i>	<i>12,074 out of 19200</i>	<i>66 MHz</i>	<i>2.017 W</i>

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this paper a versatile, modular and scalable hardware architecture that allows large matrix multiplication was presented; furthermore it constitutes a platform for test and implementation of low-level image processing algorithms.

This platform has proven to be capable of handling a large amount of data with low area utilization, to profit parallelism as well as to attain a higher data transference using a reduced bus bandwidth. The efficient memory usage allowed a high throughput that leads to applications in real time.

The main focus has been placed on communication, and the possibility of processes chaining. Image buffers and Router elements allowed cascade connection of several processing stages.



References

- [1] T. H. Cormen, C. E. Leiserson and R. L. Rivest, *Introduction to Algorithms*, The MIT Press- Mc Graw-Hill, USA 1996, pp 730-735.
- [2] K. Li, Y. Pan, S. Qing, “ Fast and Processor Efficient Parallel Matrix Multiplication Algorithms on a Linear Array With a Reconfigurable Pipelined Bus System ”, *IEEE Transactions on parallel and distributed systems*, Vol. 9, no. 8, August 1998, pp. 705-720.
- [3] P. Bjorstad, F. Manne, T. Sorevik and M. Vajtersic, “Efficient Matrix Multiplication on SIMD Computers”, University of Bergen, Department of Informatics, Norway.
- [4] J. Gunnels, et al., “A Flexible class of parallel matrix multiplication algorithms”, The University of Texas, Department of Computer Science.
- [5] K. Benkrid, et all, “High Level Programming for FPGA based Image and Video Processing using Hardware Skeletons”, *Proceedings of the Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines*, April 2001, pp. 219-226
- [6] H. J. Siegel, J. B. Armstrong, and D. W. Watson, “Mapping Computer Vision-Related Tasks onto Reconfigurable Parallel-Processing System”, *IEEE Computer*, Vol. 25, No. 2, Feb. 1992, pp. 54-63
- [7] J. Villasenor, and B. Hutchings, “The flexibility of configurable computing,” *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 15, No. 5, 1998, pp. 67–84
- [8] D. Li, L. Jiang, and H. Kunieda, “Design optimization of VLSI array processor architecture for window image processing”, *IEICE Transactions on Fundamentals*, Vol. E82-A, No. 8, 1999, pp. 1474–1484
- [9] C. Torres-Huitzil, and M. Arias-Estrada, “FPGA-Based Configurable Systolic Architecture for Window-Based Image Processing”, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, No. 7, 2005, pp. 1024-1034



RECONOCIMIENTO DE VOZ EN TIEMPO REAL MEDIANTE EL TMS320C6713 DSK

Ing. Carlos Andrés Acosta Ramos, Dr. José Abel Herrera Camacho

Laboratorio de procesamiento de voz, UNAM

arca1983@comunidad.unam.mx, abelhc@hotmail.com

RESUMEN

Tener un sistema de reconocimiento de voz en tiempo real nos permite acercarnos a una de las visiones que la mayoría de las personas ha tenido, la operación de máquinas de manera más natural por medio de la voz. Además el uso del DSP ofrece ventajas significativas sobre aquellos sistemas en los que sea necesaria una computadora ya que podría ser la base para desarrollar un sistema portátil de pequeñas dimensiones teniendo como procesador central el DSP C6713 y con la capacidad de que a partir de este DSP se puedan ampliar funciones como el control de motores. El C6713 DSK es una plataforma de desarrollo independiente de bajo costo, que permite al usuario evaluar y desarrollar aplicaciones para la familia TI C67xx. Se trata de un procesador digital que opera en punto flotante a 225 MHz y cuya potencia de cálculo alcanza los 1350 MFLOPS y 1800 MIPS y con multiplicadores duales de punto fijo y flotante. Dadas estas características ha sido factible diseñar un sistema de reconocimiento de voz en tiempo real basado en un DSP de mayor desempeño y standalone

1 INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de voz es la llave tecnológica para la interface humano-maquina. Hay muchas investigaciones en el área de reconocimiento del habla. En el reconocimiento de voz el problema es identificar las palabras habladas. Se pre-procesan las señales de voz, se obtienen las características, y al final se comparan las similitudes entre palabras habladas.

El proceso de la generación de la voz es el mismo ya sea al hablar o al cantar. El cerebro envía señales a través del sistema nervioso a los músculos de la cabeza, cuello y torso de manera que se produzca la inhalación previa a la generación [4]. Al final de la inhalación se efectúan varias acciones: el movimiento de los cartílagos aritenoides en la laringe acerca a las cuerdas vocales entre sí, el volumen de los pulmones disminuye para producir una presión de aire positiva en los mismos y el aire comienza a fluir hacia la laringe.

Un modelo de la voz que se considere completo debe incluir: los cambios en la señal de excitación, la respuesta del tracto vocal y los efectos de los labios en la radiación [1]. Dicho modelo es el fuente filtro que ha sido usado por todos los sistemas de procesamiento de voz. En este modelo los articuladores son modelados por filtros LTI usando el hecho de la independencia relativa entre la fuente y el tracto vocal y la estacionalidad en intervalos cortos (10 a 20 ms) de los sonidos.

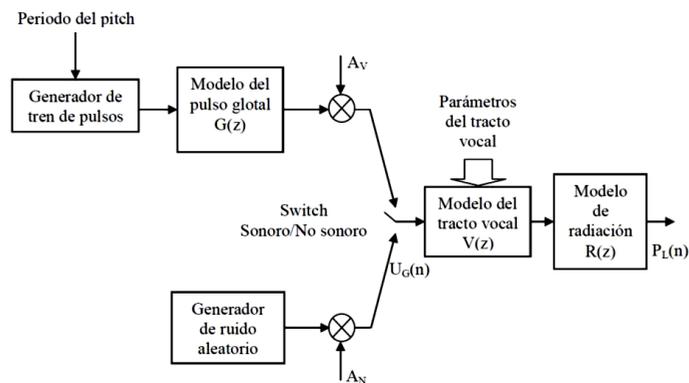


Ilustración 1 Modelado digital de la voz

En la ilustración 1 la excitación glotal es la entrada al filtro. Los cinco tipos de excitación son reducidos de manera general, a dos señales periódicas (sonoras) y ruido turbulento (sonidos sordos) con distribución gamma o laplaciana y espectro plano.

Existen tres aproximaciones para llevar a cabo el reconocimiento de voz, que son;

1. La aproximación fonética acústica
2. La aproximación mediante reconocimiento de patrones
3. La aproximación mediante inteligencia artificial

La aproximación fonética acústica se basa en la teoría de que existe un número finito de unidades fonéticas distintivas en el lenguaje hablado, y que las unidades fonéticas son caracterizadas de manera general por un conjunto de propiedades que se manifiestan en las señales de voz, o en su espectro. A pesar de que las propiedades de las unidades fonéticas son altamente variables, ya sea debido al hablante, a la precedencia o a la consecuencia de otra unidad fonética, se asume que las reglas que rigen la variabilidad son bastante sencillas y por lo tanto pueden ser fácilmente aprendidas y aplicadas a un caso práctico.

La aproximación mediante reconocimiento de patrones es la que básicamente utiliza directamente los patrones de voz sin entender a las características acústicas. Se requieren dos etapas fundamentales:

1. El entrenamiento de los patrones de voz.
2. El reconocimiento de los patrones mediante la comparación.

El concepto radica en que si se tiene un número suficiente de repeticiones de los patrones que se desean reconocer y estas son empleadas para entrenar una serie de algoritmos, se logra caracterizar a cada una de las series de patrones de tal forma que sean diferentes unas de otras. A este tipo de caracterización de patrones de voz mediante el entrenamiento se le conoce como clasificación de patrones, debido a que la maquina debe aprender cuales son las propiedades de cada una de las series y las tendrá almacenadas para posteriormente comparar los patrones que desean reconocer, con los almacenados, arrojando un patrón reconocido.



Una técnica muy usada para extracción de patrones es LPC (Linear Prediction Coefficients), debido a que es una buena aproximación de la voz, lo que resulta especialmente cierto para las regiones de estado cuasi-estacionario de voz, en el cual el modelo todo polo de LPC provee una buena aproximación a la envoltura espectral del tracto vocal. La forma en la que el modelo LPC se aplica al análisis de señales de voz nos lleva a una separación razonable de la fuente y el tracto vocal. El método LPC es matemáticamente preciso y es fácil de implementar tanto en software como en Hardware.

La ilustración 2 que se observa a continuación, muestran de forma general los procesos que se realizan en el entrenamiento y reconocimiento de palabras aisladas.

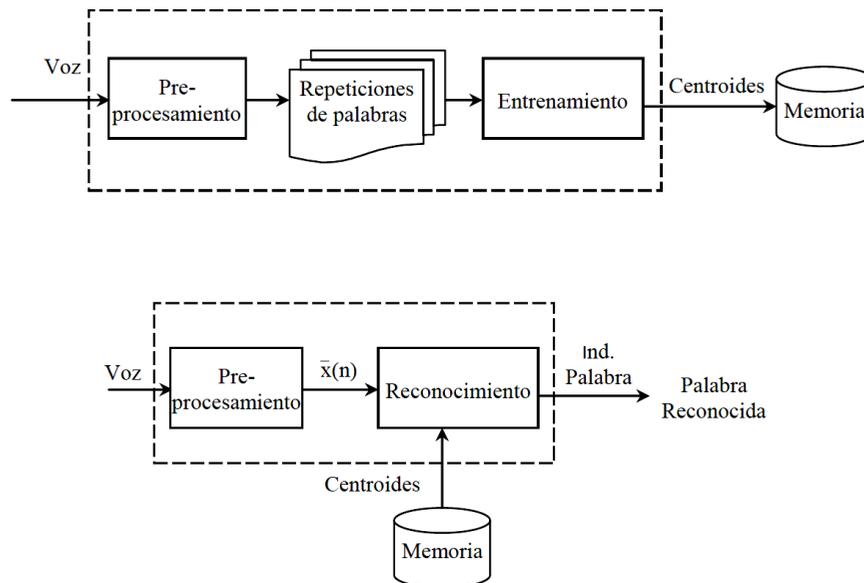


Ilustración 2 Etapa de Entrenamiento y Reconocimiento

La cuantización vectorial puede aplicarse al reconocimiento de patrones, ya que un patrón de entrada es comparado y aproximado a alguno de los patrones de referencia almacenados. El reconocimiento permite encontrar el patrón de referencia que más se acopla al patrón de entrada

2 PROCESAMIENTO DIGITAL DE VOZ

Características puede definirse como la unidad mínima, la cuales permiten distinguir entre clases muy cercanas. Es importante que estas características deban de tener una amplia variación entre clase y clase. Deben de ser insensibles a variaciones irrelevantes y deben de tener baja correlación con otras características. La calidad de una buena característica es que da la máxima información acerca de una clase con una dimensión mucho menor. El primer paso en la extracción de características es el de pre-procesamiento digital de voz. Se utiliza un filtro digital con una función de transferencia $H(Z)=1-0.95Z^{-1}$. El filtro de pre-énfasis aplanar la señal y lo hace menos susceptible a los efectos de precisión finita en el procesamiento de la señal.

LPC es una técnica importante para la estimación espectral, ya que proporciona un estimado de los polos de la función de transferencia vocal. Esta técnica se utiliza para calcular los coeficientes



del filtro (que corresponden al tracto vocal), reduciendo al mínimo el error medio cuadrático entre la entrada y la muestra estimada. Estos coeficientes son extraídos por el método de autocorrelación o el método de covarianza.

2.1 Ventanas

En todas las aplicaciones prácticas de procesamiento digital de señales [9], es necesario trabajar en porciones de la señal, a menos que la señal sea de corta duración. Esto es especialmente verdadero si trabajamos con técnicas de análisis convencionales con dinámica no estacionaria (tales como la voz). En este caso es necesario seleccionar una parte de la señal que pueda ser razonablemente estacionaria (10 a 20 ms).

2.2 Inicio y fin de palabra

Para las aplicaciones embebidas el importante la detección de inicio y fin de palabra, el problema de detección de inicio y fin de una palabra en presencia de ruido ambiental es complicado, para grabaciones en habitaciones a prueba de ruido se puede recurrir al uso de la energía en tiempo corto para la detección [11], sin embargo en ambientes con ruido es necesario tomar otras consideraciones.

Ventajas

- Procesa menor cantidad de información
- Comparar únicamente los patrones que contienen voz
- Evitar confusiones a causa del ruido o señales de fondo

Desventajas

- Espurias de ruido que se pueden confundir con señal
- Silencios contenidos dentro de las palabras que contienen fonemas plosivos
- Los fonemas fricativos, ya que tienen baja energía
- Sonidos cortos
- Detección de fonemas nasales al final de la palabra
- Respiraciones del locutor que pueden confundirse por su duración
- Los micrófonos tienen resonancia después de pronunciar una palabra
- Los niveles de ruido pueden confundirse con la señal de voz.

Para la detección de fin de la palabra, hacemos lo mismo pero en sentido.

2.3 Análisis de predicción lineal

Una de las técnicas más poderosas en el análisis de voz es el método de análisis de Predicción Lineal. La idea básica del modelo LPC es que dada una muestra de voz en el tiempo discreto n , $s(n)$, esta puede ser aproximada como una combinación lineal de las p muestras de voz pasadas, esto es:

$$s(n) \approx a_1 s(n-1) + a_2 s(n-2) + \dots + a_p s(n-p) \quad (1)$$



Donde los coeficientes a_1, a_2, \dots, a_p son considerados constantes en la trama de análisis. Para convertir la ecuación (1) en una equivalencia se agrega un término de excitación, $Gu(n)$, dando:

$$s(n) = \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) + Gu(n) \quad (2)$$

Donde $u(n)$ es una excitación normalizada y G es la ganancia de la excitación. Si expresamos a (2) en el dominio de z , se tiene:

$$S(z) = \sum_{k=1}^p a_k z^{-k} S(z) + GU(z) \quad (3)$$

Que conduce a la función de transferencia:

$$H(z) = \frac{S(z)}{GU(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^p a_k z^{-k}} = \frac{1}{A(z)} \quad (4)$$

La interpretación de la ecuación (4) muestra una fuente de excitación normalizada, $u(n)$, que es escalada por una ganancia G , y actúa como entrada a un sistema todo-polos, $H(z) = \frac{1}{A(z)}$, para producir una señal de voz, $s(n)$. Basado en el conocimiento de que la función de excitación para la voz es esencialmente: un tren de impulsos *cuasi-periódicos* (para sonidos de voz sonoros) o una fuente de ruido aleatorio (para sonidos no sonoros o sordos).

2.4 Ecuaciones del análisis LPC

El principal problema del análisis de predicción lineal es determinar el conjunto de coeficientes del predictor $\{a_k\}$, directamente de la señal de voz, de tal forma que las propiedades espectrales del filtro se igualen, lo más posible a la señal de voz dentro de una ventana.

Para obtener los coeficientes de predicción (a_k) son determinados (calculados) [10], minimizando la suma de diferencias cuadradas sobre un intervalo finito (error de predicción promedio), entre las muestras actuales de voz y las predichas linealmente, esto es:

$$E_n = \sum_m e^2(m) = \sum_m (s_n(m) - \xi_n(m))^2 = \sum_m \left[s_n(m) - \sum_{k=1}^p a_k s_n(m-k) \right]^2 \quad (5)$$

Donde E_n es el error de predicción promedio en tiempo corto, $e_n(m)$ es error de predicción, $s_n(m)$ es la señal actual multiplicada por una ventana y $\xi_n(m)$ es la muestra predicha. Con fines de simplificar la notación, se ha usado $s_n(m)$ para la señal en tiempo corto, determinada por:

$$s_n(m) = \begin{cases} s(m+n) + w(m), & 0 \leq m < N-1 \\ 0, & \text{para otro caso} \end{cases} \quad (6)$$

Donde $w(m)$ es una ventana de longitud N .

Por otro lado, para encontrar los valores de a_k que minimizan a E_n se calcula:



$$\frac{\partial E_n}{\partial a_1} \text{ para } 1 = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

La solución de este se puede obtener por varios métodos, uno de los más usados es el método de la autocorrelación. La solución de este método da como resultado un sistema de ecuaciones lineales como p incógnitas y se pueden expresar de forma matricial de la forma:

$$\begin{bmatrix} R_n(0) & R_n(1) & \dots & R_n(p-1) \\ R_n(1) & R_n(0) & \dots & R_n(p-2) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ R_n(p-1) & R_n(p-2) & \dots & R_n(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \alpha_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_n(1) \\ R_n(2) \\ \cdot \\ \cdot \\ R_n(p) \end{bmatrix}$$

Donde $R_n(\sigma)$ es la autocorrelación de la señal en tiempo corto, y a_k son los coeficientes de predicción lineal (LPC's) que resuelven el sistema.

La matriz $p \times p$ con los valores de autocorrelación es una matriz **Toeplitz** (es simétrica con todos los elementos de la diagonal iguales) y por lo tanto puede resolverse eficientemente mediante el empleo de procedimientos bien conocidos, como el algoritmo de *Levinson-Durbin*.

2.5 Distancia de Itakura

En muchos casos del procesamiento de voz, es necesario tener otras medidas de la distancia que existe entre vectores LPC. La distancia euclidiana no es apropiada para medir los parámetros de dos LPC's individuales, en vectores que estén relacionados. Esto es debido a que los vectores LPC dependen del peso de la matriz de auto correlación correspondiente a cada LPC. La medida de distancia más comúnmente utilizada para este propósito es la propuesta por Itakura. Esta distancia se deriva utilizando la interpretación intuitiva del rango de predicción en el error de la energía. Fue obtenida originalmente, utilizando la máxima probabilidad existente entre argumentos similares. La distancia de Itakura es, probablemente, la medida de distorsión mas empleada para la encontrar la similitud entre dos vectores LPC. [Deller hacer referencia]

2.6 Reconocimiento

En el reconocimiento cada trama recibida es utilizada para calcular su autocorrelacion y sus coeficientes de predicción lineal. Este proceso se repite hasta que el procesamiento detecta el fin de palabra. Una vez detectado el final, se segmentan los vectores LPC y los vectores de autocorrelacion correspondientes de forma lineal y con segmentos iguales al patrón de comparación. Con cada segmento se realiza la comparación, utilizando la distancia de Itakura, con los centroides que correspondan al mismo segmento. El resultado de esta comparación, aunado con ciertos parámetros estadísticos determina el éxito o fracaso del reconocimiento. El reconocimiento pretende identificar una señal de voz similar a ciertos patrones definidos previamente.



3 TMS320C6713 DSK PARA APLICACIONES EMBEBIDAS

El C6713 DSK es una plataforma de desarrollo independiente de bajo costo, que permite al usuario evaluar y desarrollar aplicaciones para la familia TI C67xx [12]. Se trata de un procesador digital que opera en punto flotante a 225 MHz y cuya potencia de cálculo alcanza los 1350 MFLOPS y 1800 MIPS y con multiplicadores duales de punto fijo y flotante puede realizar hasta 450 MMACS.

A continuación se muestra su diagrama bloques.

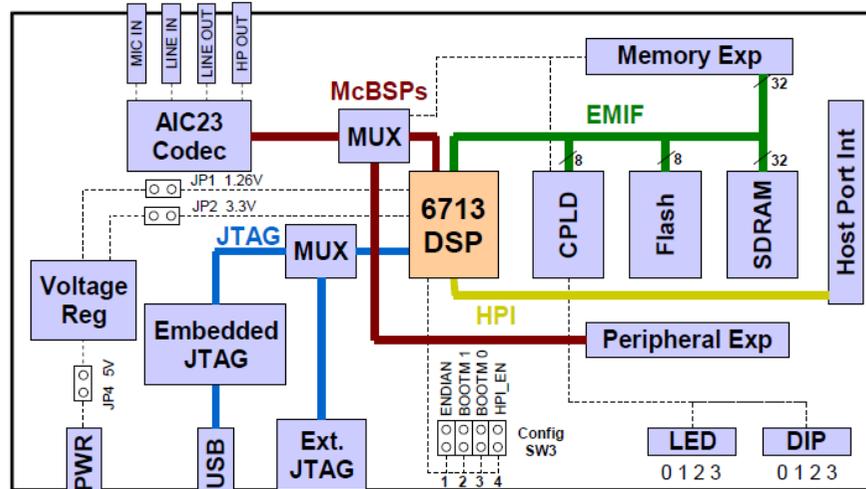


Ilustración 3 Diagrama a bloques de TMS320C6713 DSK

Algunas de las características de la tarjeta son:

- EL DSP TMS320C6713 opera a 225 Mhz.
- Trabaja con palabras de datos de 32 y 64 bits
- Compilador de C/C++ altamente optimizado
- El tipo del procesador TMS320C67x , es del tipo VLIW avanzado. Lo que se traduce en: 8 unidades funcionales independientes, 2 ALUs de punto fijo, 4 ALUs de punto flotante ,2 multiplicadores de punto fijo y punto flotante.
- Arquitectura de carga/almacenamiento con 32 registros de propósito general de 32 bits
- Empaquetamiento de instrucciones que reduce el tamaño del código
- Arquitectura de memoria de L1/L2, cache de dos niveles
- Interfaz EMIF de memoria externa de 32 bits
- Controlador mejorado de acceso directo a memoria EDMA, con 16 canales independientes
- Interfaz HPI de 16 bits
- Dos módulos I2C con funcionalidad tanto de maestro como esclavo
- Dos temporizadores de propósito general de 32 bits
- Un periférico GPIO específico para implementar entradas y salidas digitales de propósito general
- PLL, basado en un modulo generador de reloj
- Encapsulado 272-BGA (Ball Grid Array)



- Incluye un códec stereo AIC23
- Contiene 8 Mbytes de DRAM síncrona
- 512 Kbytes de memoria Flash no volátil (256 usado en la configuración default)
- 4 Led y interruptores DIP accesibles para el usuario
- Configuración de la tarjeta a través de los registros implementados en el CPLD
- Opciones de inicio configurables
- Conector estándar para tarjeta hija
- Fuente de voltaje de +5V

3.1 Mapa de memoria:

La familia C67xx de DSP tiene un gran espacio de memoria direccionable. Las direcciones son de 32 bits.

Address	C67x Family Memory Type	6713 DSK
0x00000000	Internal Memory	Internal Memory
0x00030000	Reserved Space or Peripheral Regs	Reserved or Peripheral
0x80000000	EMIF CE0	SDRAM
0x90000000	EMIF CE1	Flash
0xA0000000	EMIF CE2	CPLD
0xB0000000	EMIF CE3	Daughter Card

0x90080000

Ilustración 4 Mapa de memoria de TMS320C6713 DSK

3.2 Codec AIC23

La interfaz del DSP al audio analógico es mediante un códec AIC23 en la tarjeta y 4 jacks de audio de 3.5mm (Entrada de micrófono, entrada de línea, salida de línea, salida de micrófono). El códec puede seleccionar el micrófono o la entrada de línea como entrada activa. La salida analógica es enviada a línea de salida (ganancia fija) y el micrófono (ganancia ajustable). McBSP0 es usado para mandar comandos a la interfaz de control del códec while que McBSP1 es usado para datos de audio digital.

El códec muestrea las señales analógicas en el micrófono o las líneas de entrada y los convierte en datos digitales para ser procesado por el DSP.

Cuando el DSP termina con el procesamiento de datos usa el códec para convertir los datos en señales analógicas hacia las salidas de línea y audífono para que el usuario pueda escucharlo.

El códec se comunica usando dos canales seriales, uno para controlar los registros de configuración y uno para mandar y recibir muestras de audio digital. McBSP0 es usado como el canal del control unidireccional. Este puede ser programado para enviar palabras de control de



16-bit al AIC23 en formato SPI. Los 7 bit altos de la palabra de control especifican el registro a modificar y los 9 bits bajos de la palabra de control con tiene el valor del registro. El canal de control es solo usado cuando se configura el códec.

McBSP1 es usado como un canal bi-direccional. Todos los datos de audio fluyen a través del canal de datos. Muchos formatos de datos son soportados basándose en tres variables: tamaño de muestra, señal de reloj y formato de datos seriales. La tarjeta generalmente usa un tamaño de muestreo de 16-bits, con el códec en modo maestro, con lo que genera la sincronía de cuadros y los bits de reloj en el tiempo correcto [2].

El códec tiene un reloj de 12 MHz. El reloj corresponde a un modo de muestreo USB, llamado así porque muchos sistemas USB usan un reloj a 12 MHz y pueden usar el mismo reloj para el códec y el controlador USB. El rango de muestreo interno divide el reloj de 12 MHz para generar frecuencias como 48K KHz, 44.1 KHz y 8 KHz. El rango de muestreo es configurado en el registro SAMPLERATE.

A continuación de muestra la interfaz del códec:

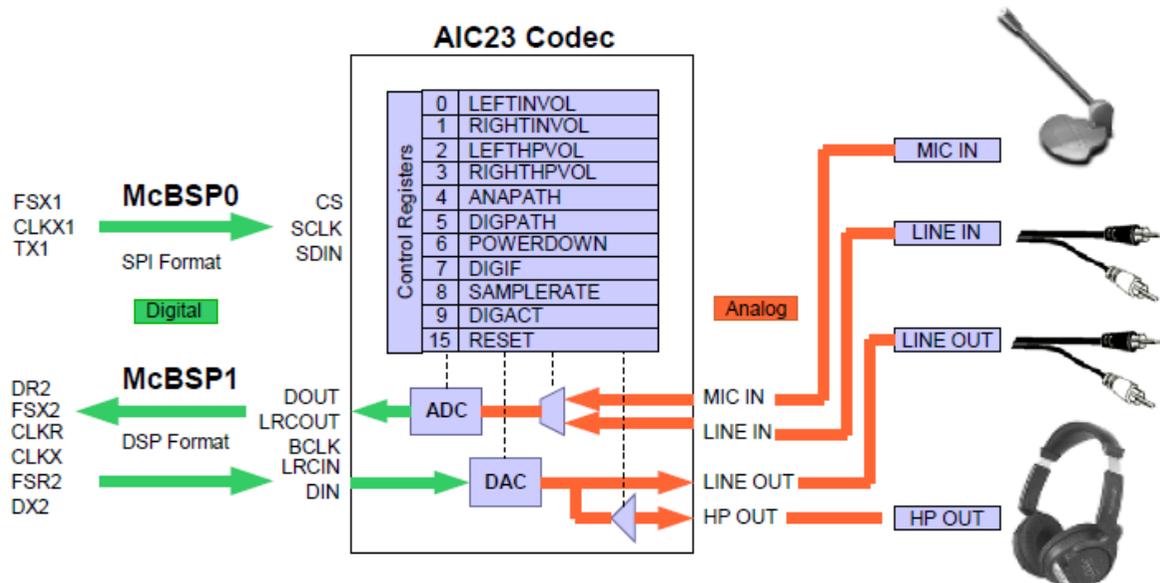


Ilustración 5 Diagrama a bloques del AIC23 Codec

3.3 DRAM Síncrona

La tarjeta utiliza un DRAM de 64 megabits síncrona. La memoria total disponible es de 8 megabytes. Cuando se usa la SDRAM, el controlador debe de refrescar una columna del arreglo de memoria cada 15.6 microsegundos, para mantener la integridad de los datos.

3.4 Memoria Flash

Flash es un tipo de memoria la cual no pierde su contenido cuando la energía es apagada. Cuando se lee es como una memoria de solo lectura asíncrona. Flash puede borrarse en bloques largos comúnmente referenciados como sectores o páginas. La tarjeta usa 512 Kbyte de memoria flash como opción de arranque.



3.5 LEDs y interruptores DIP

La tarjeta incluye cuatro LEDs y 4 interruptores DIP accesibles por software, provista para una simple forma de entrada/salida.

4 RESULTADOS

La implementación del reconocimiento de voz en tiempo real mediante el TMS320C6713 DSK, se diseñó para identificar 5 palabras diferentes de un mismo locutor, con el uso de vectores LPC. Para el entrenamiento la base de datos fue con cinco palabras (Hola, Casa, Adios, Perro, Gato) y cinco repeticiones de cada una, para un total de 25 palabras. Cada una con una frecuencia de muestreo de 8kHz y 16 bits por muestreo, todas fueron realizadas por un solo locutor

Tabla 3 LPC

<i>Palabra</i>	<i>Hola</i>	<i>Casa</i>	<i>Adios</i>	<i>Perro</i>	<i>Gato</i>
<i>Hola</i>	5	0	0	0	0
<i>Casa</i>	0	5	0	0	0
<i>Adios</i>	0	0	5	0	0
<i>Perro</i>	0	0	0	3	0
<i>Gato</i>	0	0	0	2	5

5 CONCLUSIONES

En los resultados podemos observar que el método tradicional LPC, tiene un buen desempeño en el reconocimiento, equivocándose únicamente dos veces en una palabra, sin embargo una de las desventajas fue que este requirió de un mayor número de características a extraer por cada palabra, algo que tiene un costo computacional alto.

La implementación en una TMS320C6713 DSK tiene la ventaja de que podemos extender la funcionalidad de este, ya sea añadiendo una interface para controlar motores o enviar señales para indicar el estado de un proceso a una terminal remota. Adicionalmente se podría crear un sistema mínimo basado en el C6713, con un tamaño pequeño y sin periféricos que no se utilizarían para una tarea específica.

Como trabajo a futuro se espera utilizar un algoritmo diferente de inicio y fin de palabra, y basar el reconocimiento en una nueva técnica combinada como es la combinación de wavelets y LPC llamada WBLPC.



REFERENCIAS

1. **Chang, S.** *Speech feature extracted from adaptive wavelet for speech recognition.* (1998).
2. **Chassaing, Rulph.** *Digital Signal Processing and Applications with the C6713 and C6416 DSK.* s.l. : (WILEY-INTERSCIENCE), (2005).
3. **Comin, Mario y Prat, Jaime.** *Biomecanica Articular y Sustituciones Protésicas.* (Valencia) : (IBV), (1998).
4. **Herrera, J.A.** *Apuntes de la materia de procesamiento de voz.* (Mexico) : (FI UNAM).
5. **Kuo, S. y Gan, W.** *Digital Signal Procesors. Arquitectures, Implementacion and aplicaciones.* (New Jerseys) : (Prentice Hall), (2005).
6. **Li Bo, Wang Dong-xia, Zou De-jun, Hu Tie-sen.** *On Speech Recognition Access Control System Based on HMMI ANN.* s.l. : (Electricity & Infonnation Engineering College).
7. **Malvino, A.** *Principios de electronica.* (McGraw Hill) : s.n.
8. **Mitra, Sanjit K.** *Procesamiento digital de señales, un enfoque basado en computadora.* Tercera. (España) : (McGraw-Hill), (2007).
9. **Proakis, J. G. y Manolakis, D. G.** *Digital Signal Processing, Principles, Algorithms adn Applications.* (New York) : (MacMillan), (1992).
10. **Navarrete, Oscar.** *Sistema Automatizado de iluminacion de una casa mediante comandos de voz.* (Mexico) : (FI UNAM), (2009).
11. **Tanaka, Kiyofumi .** *Embedded Systems – High Performance Systems, Applications and Projects.* (Croatia) : (InTech), (2012).
12. **Rabiner, L y Juang, B.** *Fundamentals of Speech Recognition.* s.l. : (Prentice-Hall), (1993).
13. **Spectrum Digital.** *TMS320C6713 DSK Technical Reference.* s.l. : (Spectrum Digital), (2003).



SIMILITUD DE IMÁGENES APLICANDO ANÁLISIS FRACTAL

Ernesto Bautista Thompson, Carmen Nain Balán Martínez, Gustavo Verduzco Reyes, Carlos de la Cruz Dorantes

Universidad Autónoma del Carmen

eb_thompson@yahoo.com, pali_zada@yahoo.com.mx, gvrmx@hotmail.com,
malcreado@hotmail.com

RESUMEN

La clasificación de imágenes requiere explorar diferentes atributos que permitan plasmar la complejidad geométrica que presentan las imágenes de múltiples fenómenos tanto de origen natural como generados artificialmente. Lo anterior, motiva el presente trabajo en el cual se desarrolla un análisis y clasificación de la similitud a partir de la dimensión fractal, para familias de imágenes representativas de diferentes fenómenos naturales y artificiales (por ejemplo: Mapas de Ciudades, Estructuras Biológicas, Estructuras Geológicas); para lo cual se aplica una serie de herramientas de software: ImageJ (procesado de imágenes), Fractalyze (cálculo dimensión fractal) y MATLAB Toolbox GHSOM (clasificación de datos). Como resultado, se presenta una interpretación del significado de la dimensión fractal en relación a las características de las imágenes y un análisis de similitud de las mismas basado en su dimensión fractal y la familia a la que pertenece cada imagen. Se encuentra que existe una relación entre la familia a la que pertenece la imagen y el rango de valores a los que pertenece su dimensión fractal, es decir, hay una relación entre el tipo o familia de origen de la imagen y la complejidad de su estructura geométrica representada por la dimensión fractal. Asimismo, hay una riqueza de similitud a nivel de complejidad de estructura geométrica entre diferentes fenómenos dado que también se encuentra similitud en la dimensión fractal para imágenes correspondientes a fenómenos y familias diferentes.

ABSTRAC

The classification of images requires to explore different attributes that allows to show the geometrical complexity of images from diverse phenomena from nature and man made origin. This is the motivation of this work, here we develop an analysis and classification of the similarity based on fractal dimension, for families of images representative of different phenomena (for example: city maps, biological structures, geological structures); a series of software tools are applied: ImageJ (image processing), Fractalyze (calculation of fractal dimension) and MATLAB Toolbox GHSOM (data classification). As results, we present an interpretation of the fractal dimension in relation to the image features, and an analysis of image similarity based on fractal dimension and the family of the images. We found that exists a relation between the image family and the range of values where the fractal dimension of an image belongs, in other words, there is a relation between the family of the image and the complexity of the geometrical structure represented by the fractal dimension. Also, there is a richness of the similarity associated to the complexity of the geometrical structure and diverse phenomena, because is observed that also exists similarity in the fractal dimension for images from different phenomena and families.



1 INTRODUCCIÓN

Los fractales desde su primera formulación tuvieron una vocación práctica de servir como modelos para explicar la naturaleza. Fue el propio Benoit Mandelbrot quién tuvo el mérito de intuir la potencia de los fractales para construir modelos que explicasen la realidad, desde un inicio Mandelbrot, lo ejemplifico con el problema de medir la costa de Gran Bretaña aplicando el análisis fractal [1]. La mayoría de las estructuras que hay a nuestro alrededor son fractales y las formas fractales se encuentran en la naturaleza, donde existe un caos y un orden; gracias a que estas se pueden repetir en escalas cada vez más pequeñas existe el fenómeno, denominado por científicos, fractal. Las estructuras fractales son útiles en áreas como la botánica, biología, la medicina, la física, matemáticas, economía, computación, lingüística y, actualmente, en el arte. Gracias a los fractales se han podido analizar fenómenos, tales como: turbulencias, bolsa de valores, dispersión de humo, etc. Además de sintetizar imágenes como: montañas, ramas de los árboles, nubes, costas rocosas, ríos, flores, planetas, etc. [2]. Los fractales deben poseer una dimensión que debe ser no entera y cuya dimensión fractal debe superar a su dimensión topológica. Las dimensiones topológicas son las siguientes: Dimensión -1 (conjunto vacío), Dimensión 0 (un punto), Dimensión 1 (una línea recta), Dimensión 2 (un plano), Dimensión 3 (el espacio). Como los fractales están compuestos por elementos cada vez más pequeños entre sí, el concepto de longitud pasa a ser algo complejo por lo cual se miden los fractales por su dimensión. El cálculo de la dimensión de un objeto permite conocer si ese objeto es o no un fractal [2].

Las imágenes fractales son de gran interés en el medio académico como objetos de estudio para entender fenómenos de la naturaleza: en geología, sísmica, climatología, fisiología, el tráfico de redes y el comportamiento de la WEB; por citar algunos campos del conocimiento. La geometría fractal es un nuevo lenguaje cuyos elementos son algoritmos que computacionalmente pueden expresarse en formas y estructuras. La esencia del mensaje de Mandelbrot es que muchas estructuras naturales con una aparente complejidad (tales como nubes, montañas, costas marinas, fallas tectónicas, sistemas vasculares, superficies fracturadas de distintos materiales, etc.), están caracterizadas por una invariancia de escala geométrica cuya dimensión fractal provee una adecuada descripción matemática del fenómeno en cuestión [1]. Con el estudio y análisis de diversos grupos de imágenes fractales tomadas de la naturaleza como montañas, ríos, animales, partes del cuerpo humano, así como también de software se pretende hacer una comparación de similitud de sus diversas características, con esto se pretende saber más acerca de lo que son las imágenes fractales y que características existen entre ellas.

2 DIMENSIÓN FRACTAL

La dimensión fractal se puede definir matemáticamente como:

$$DF = - \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N(\delta)}{\ln \delta} \quad (1)$$

en donde N (d) es el número de elementos de longitud característica d necesarios para recubrir el conjunto estudiado [1]. Los Fractales son el conjunto de formas generadas normalmente por procesos matemáticos repetitivos y que se caracterizan por: 1) tener el mismo aspecto a cualquier



escala de observación, 2) tener longitud infinita, 3) no ser diferenciables, 4) tener dimensión fraccional o fractal. Actualmente, aún y que se mantienen las cuatro características mencionadas su acepción es: Formas geométricas que pueden ser separadas en partes, cada una de las cuales es una versión reducida del todo [3]. La dimensión fractal es un exponente que da cuenta de cuán completamente parece llenar un fractal el espacio conforme se amplía el primero hacia escalas más y más finas. No existe una única dimensión fractal sino una serie de dimensiones que frecuentemente resulta equivalentes pero no siempre. Entre estas definiciones está la dimensión de Hausdorff-Besicovitch, la dimensión de empaquetamiento, la dimensión de homotecia y las dimensiones de Rényi. Ninguna de estas dimensiones debería ser tratada como universal, ya que a veces la discrepancia entre ellas está asociada a diferencias en la estructura interna del fractal. Aunque para un buen número de fractales clásicos los valores de las diferentes definiciones de dimensión fractal todas estas dimensiones coinciden, en general no son equivalentes. En la práctica algunas definiciones de dimensión fractal resultan más sencillas de calcular, y por eso son más ampliamente usadas, aunque no siempre tienen las propiedades matemáticas más deseables. Por ejemplo la dimensión de conteo de cajas o la dimensión Minkowski-Bouligand y la dimensión de correlación son ampliamente usadas en la práctica, por su fácil implementación algorítmica. Las estimaciones prácticas de las dimensiones fractales son muy sensibles al ruido numérico o experimental, y particularmente a las limitaciones en la cantidad de datos. Cualquier afirmación basada en estimaciones de dimensiones fractales deben tomarse con cuidado puesto que hay un límite superior inevitable, a menos que se presenten cantidades muy grandes de datos. Computacionalmente los más sencillos de implementar son el conteo de celdas (box counting) y la dimensión de correlación (basada en generar un número de puntos aleatorios en un entorno del fractal y medir cuántos de ellos caen sobre el conjunto fractal). Otra técnica que se ha hecho popular es la medición del espectro de potencia de la transformada de Fourier de una imagen del objeto fractal [4].

3 ANÁLISIS FRACTAL DE IMÁGENES

A continuación se describen las diferentes técnicas aplicadas para el análisis fractal del conjunto de imágenes.

3.1 Método de Conteo de Cajas

La dimensión Euclídea de un objeto relaciona la unidad de medida utilizada con el valor geométrico medido $N(L) = (1/L)^D$, donde $1/L$ corresponde al número de unidades comprendidas en uno de los lados, D corresponde a 1 para una recta, 2 para una superficie y 3 para un volumen. Si se generaliza la utilización del concepto de la dimensión D a los números fraccionarios obtenemos una dimensión fractal. El cálculo de la dimensión fractal se basa en la correspondiente medición del número de recubrimientos o cajas necesarias para cubrir un determinado conjunto (línea, superficie o volumen) $N(L)$ en función de la escala L de los recubrimientos (o cajas). El correspondiente cálculo de la dimensión fractal, D , es sólo válido en el rango en el que la relación entre N y L es potencial y está bien definida mediante la expresión:

$$D = \log (N(L)) / \log (1/L) \quad (2)$$



La metodología de cálculo consiste en sobreponer a la estructura a analizar una rejilla con una malla de tamaño d , formando un recubrimiento de cajas. El número de cajas que contienen valores de la estructura a caracterizar es $N(d)$, variando con el valor de d escogido.

Para realizar la correspondiente caracterización de la dimensión fractal se procede a calcular $N(d)$ para diferentes escalas, la variación de escala de un paso al siguiente es de $d_{i+1} = d_i / 2$. El valor de la dimensión corresponde a la pendiente de la representación $\log(N(d))$ frente a $-\log(d)$, en la Figura 1 se ejemplifica el método de conteo de cajas.

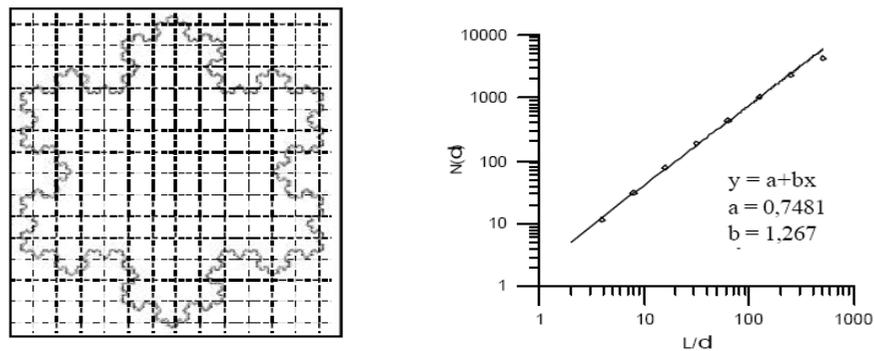


Figura 1. Ejemplo de calculo de dimension fractal por método de conteo de cajas.

3.2 Software Aplicado

El software ImageJ fue aplicado para el procesamiento de la imagen previo al análisis fractal, entre sus características están las siguientes: puede mostrar, editar, analizar, procesar, guardar e imprimir imágenes de 8 bits, 16 bits y 32 bits. Puede leer formatos de imagen como TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM. Se puede calcular el área y pixel estadísticas de valor de selecciones definidas por el usuario. Puede medir distancias y ángulos. Puede crear histogramas de densidad y perfil de línea solares. Es compatible con funciones de procesamiento de imagen estándar tales como manipulación de contraste, afilado, suavizado, detección de bordes y medio filtrado. El programa soporta múltiples imágenes al mismo tiempo, limitado sólo por la memoria disponible. [5].

El software Fractalyse (Figura 2) fue desarrollado inicialmente para medir la dimensión fractal de las zonas urbanizadas de las ciudades. Se puede utilizar para calcular la dimensión fractal de las imágenes de diversa naturaleza. Contiene también varias herramientas de procesamiento de imágenes. Implementa métodos diferentes (conteo de caja, masa radio, la correlación) para medir la dimensión fractal que se corresponde con diferentes dimensiones (Hausdorff, Minkowski, Correlación, etc.) [6].

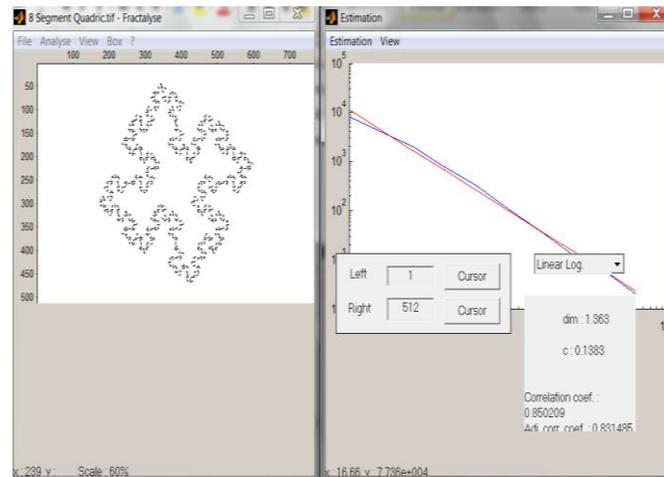


Figura 2. Aplicación de la propiedad Estimation de Fractalyse a la Imagen 8 Segment Quadricif.

Para llevar a cabo el análisis comparativo se aplicó el software MATLAB Toolbox GHSOM que permite agrupar elementos en base a sus propiedades. Los Mapas Auto Organizados (SOM) permiten visualizar datos de alta dimensionalidad en un espacio de dos dimensiones, de tal forma, que la similitud entre los datos de entrada es preservada. Esta técnica posee dos ventajas, la primera consiste en que no hay la necesidad de conocer a priori la arquitectura de la red neuronal en términos del número y arreglo de los elementos neuronales de procesamiento, la segunda es que permite la visualización de las posibles relaciones jerárquicas entre los datos agrupados por la similitud. La base de los mapas GHSOM, es utilizar una estructura de jerarquías de múltiples capas, donde cada capa consiste en un número independiente de Mapas Auto Organizados (SOM). SOM se utiliza en la primera capa de la jerarquía, pero además para cada unidad del mapa de esta capa un nuevo mapa SOM se añade formando una segunda capa de la jerarquía. Este principio se repite con una tercera capa, etc. El mapa GHSOM utiliza una arquitectura de red que se incrementa, el tamaño de la red se define durante el proceso de entrenamiento no supervisado. El proceso inicia con una capa virtual 0, la cual consiste en una sola unidad. El vector de pesos de esta unidad se inicializa con el promedio de los datos de entrada. El proceso de entrenamiento empieza con un pequeño mapa, por ejemplo, de tamaño 2 x 2 unidades en la capa 1, que se auto organiza de acuerdo al algoritmo de entrenamiento de SOM. En Figura 3 se muestra la arquitectura de una red neuronal GHSOM [7].

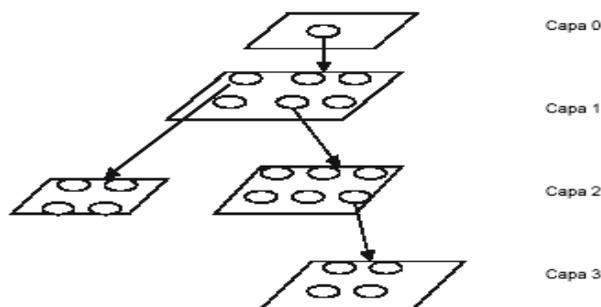


Figura 3. Arquitectura de red neuronal GHSOM.



3.3 Metodología de Análisis de Imágenes

Se llevó a cabo la selección de diversas imágenes fractales tomadas de ejemplares de la naturaleza (montañas, ríos, vegetales, animales, arboles, rocas, sistemas del cuerpo humano, etc.) de las cuales fueron 82 ejemplares y generadas artificialmente (matemáticas o computacionales) fueron un total de 75 ejemplares, a las cuales se les aplicó análisis fractal de la siguiente manera:

1. Se abre la imagen en el programa ImageJ.
2. Se le aplican las propiedades: Process que es el procesamiento de imágenes, incluyendo las operaciones de punto, filtros y operaciones aritméticas, Binary es el submenú que contiene comandos que crean o procesan imágenes binarias de (blanco y negro). Make Binary convierte una imagen en blanco y negro.
3. Se guarda en formato .tiff
4. Se abre la imagen antes convertida a .tiff en el programa Fractalyse
5. Se le aplican las propiedades Direct, Logarithmic, Estimation, Scaling behaviour y Error Curve, las cuales generan cada una dos tipos de archivos y cada función genera una gráfica diferente según sea el caso.
6. Un archivo es generado en .txt y otro en tipo de archivo EPS.

El archivo .txt genera varios datos del análisis de la imagen como se muestra a continuación un ejemplo, ver Tabla I:

TABLA I

ANALYSE		ESTIMATION	
Data source : prueba.tif Resolution : 1 unit(s) for 1 pixel Type : Box Counting Parameters, Selection rect. Top-left corner : (1, 1) Bottom-right corner : (793, 368)		Type Linear logarithmic regression Objective function : $\log(y) = d \cdot \log(x) + c$ Limit : 1-512 Results dim : 1,775 c : -0,010931 Correlation coef, : 0,999297 Adj, corr, coef, : 0,999210	
Curves			
X (in pixels)	Empirical	Estimated	Scaling behaviour
1	133141	129831,7962	1,7959
2	38343	37934,9426	1,7833
4	11139	11084,0327	1,7959
8	3208	3238,5914	1,7879
16	929	946,2688	1,751
32	276	276,4858	1,8231
64	78	80,7851	1,8931
128	21	23,6042	1,3923
256	8	6,8968	2
512	2	2,0151	0

Tabla I. Ejemplo de calculo de la dimensión fractal



4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del análisis fractal de imágenes, primeramente se presentan algunos ejemplos del tipo de imágenes analizadas, posteriormente se presentan los resultados del análisis de similitud en base a la dimensión fractal de las imágenes.

4.1 Ejemplos de Imágenes

Ejemplo de imagen de la familia de montañas, la imagen (Figura 4) corresponde a una toma satelital de un sistema montañas que dio 1.864 de dimensión fractal.



Figura 4. Ejemplo de imagen correspondiente a la familia de imágenes de montañas.

Ejemplo de imagen que corresponde a la familia de series de tiempo, en este caso se presenta la imagen (Figura 5) de la serie económica dowjones que dio como resultado 1.782 de dimensión fractal.

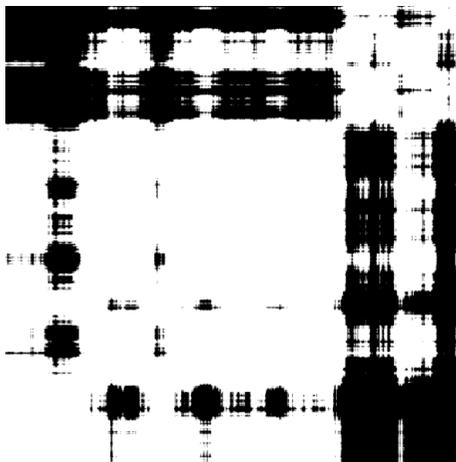


Figura 5. Ejemplo de imagen correspondiente a la familia de imágenes series de tiempo.



Ejemplo de imagen de familia de fractales matemáticos, en este caso se presenta una imagen (Figura 6) de un sistema dinámico caótico: DynamicSystem4 que dio como resultado de dimensión fractal 1.75.

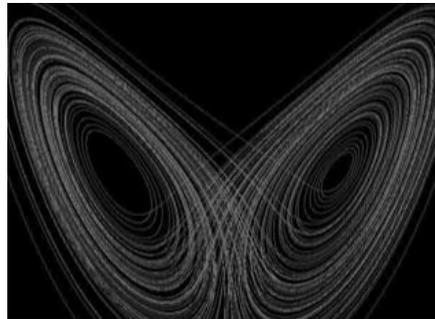


Figura 6. Ejemplo de imagen correspondiente a la familia de imágenes fractales matemáticos.

4.2 Clasificación de Imágenes por su Dimensión Fractal

En esta imagen (Figura 7) podemos apreciar la Dimensión Fractal de menor a mayor valor para algunas imágenes que se analizaron en este trabajo, obsérvese como la Dimensión Fractal se asocia con la complejidad de la estructura geométrica de cada imagen.

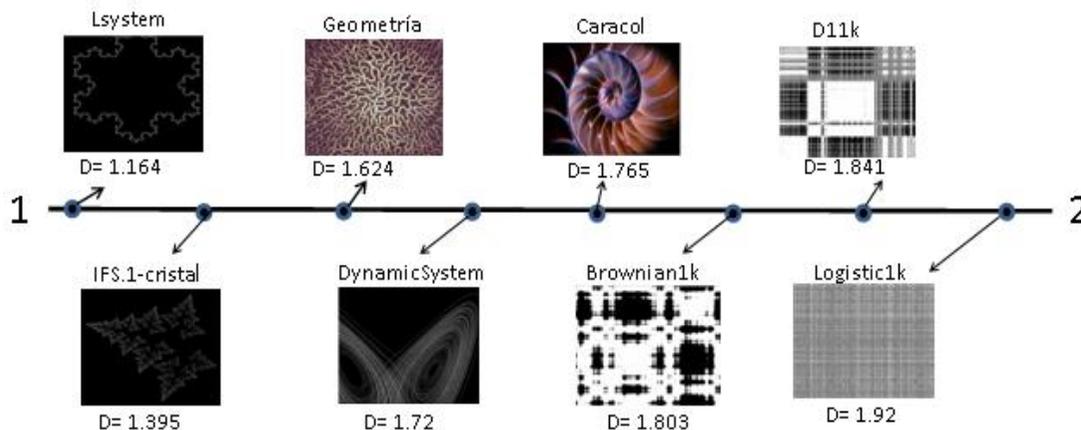


Figura 7. Imágenes fractales según su dimensión fractal ordenadas de menor a mayor.

A partir del análisis de las familias de imágenes, se observa que los fractales de tipo matemático (artificiales) presentan en su mayoría dimensiones fractales que van en el rango de 1.1 a 1.4. Estos fractales son geoméricamente de menor complejidad, aquellos cercanos al valor 1 implican que son más similares a objetos unidimensionales, y conforme el valor de la dimensión crece entre 1 y 2 implica que la geometría tiende a ser bidimensional. En el rango de valores de la dimensión fractal que va de 1.4 a 1.8 predominan imágenes representativas de objetos de la naturaleza (montañas, ríos, conchas de caracoles, sistemas como el circulatorio en humanos) asimismo objetos artificiales creados por el hombre como la estructura de ciudades (representada por



mapas). Esto indica que los elementos de origen natural tienen un componente geométrico fractal, lo mismo estructuras creadas por la actividad de seres vivos (en este caso los humanos) y representado en la estructura de las ciudades, finalmente en el rango de dimensiones fractales de 1.8 a 1.9 predominan las llamadas series de tiempo que son estructuras generadas por el comportamiento de fenómenos de origen natural o artificial pero que en el caso de las estudiadas presentan un componente caótico en su comportamiento, el caos y la fractalidad están ligadas entre sí, siendo ambos fenómenos estudiados geoméricamente, series de tiempo como la sp500 y mackey-glass, representan la primera el comportamiento de acciones de empresas en bolsa de valores (Indice Standard and Pool) y la otra es un modelo matemático biológico dado por una ecuación diferencial no lineal, ambas presentan comportamiento caótico y fractal. De los rangos de valores encontrados se observa que hay un agrupamiento de las dimensiones fractales acorde al origen: fenómenos artificiales (origen puramente matemático), fenómenos naturales (origen geológico, biológico, actividad humana), fenómenos con caos (origen natural y matemático).

A continuación se presentan los resultados del análisis de agrupamiento con la técnica de mapas autoorganizados jerárquicos (GHSOM) que nos permite visualizar en un gráfico bidimensional la similitud entre elementos de las diferentes familias de imágenes a partir de los valores de sus dimensiones fractales, de esta forma podemos agrupar y clasificar los elementos desde otra faceta. La Figura 8, muestra el mapa GHSOM correspondiente al conjunto de todas las imágenes analizadas y representadas por la familia a la que pertenecen: ST para Serie de Tiempo, FMAT para Fractal Matemático, NAT para Naturaleza, MAP para Mapa, y EDIF para Edificio. El agrupamiento fue realizado en base a la similitud de los elementos dado por el valor de su dimensión fractal.

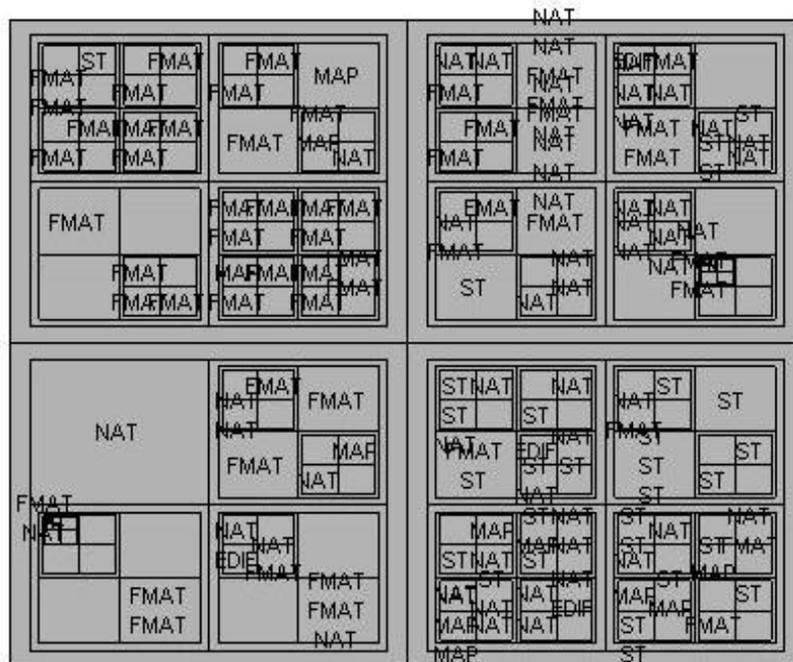


Figura 8. Mapa GHSOM del conjunto de imágenes representadas por sus familias y agrupadas en base a la similitud de sus dimensiones fractales.



Obsérvese que se refleja los resultados descritos para los rangos de valores de dimensión fractal (agrupamiento por familias), pero también se observa que existe subgrupos de elementos que son geoméricamente mas similares entre sí, lo cual es representado por su dimensión fractal (esto implica que la complejidad de su estructura geométrica es similar, que no que los objetos sean necesariamente idénticos en su forma), asimismo muestra que puede haber objetos de diferentes familias pero cuya dimensión fractal es similar y en consecuencia su estructura geométrica también lo es.

En la Figura 9, se muestra la representación del mapa GHSOM pero ahora por la magnitud del valor de la dimensión fractal, el código de color es el siguiente el tono más claro indica los valores más grandes de dimensión fractal, el tono más oscuro indica los valores más pequeños de dimensión fractal, los tonos de grises valores intermedios, el mapa de la Figura 9 se asocia directamente con el mapa de la Figura 8 (misma estructura).

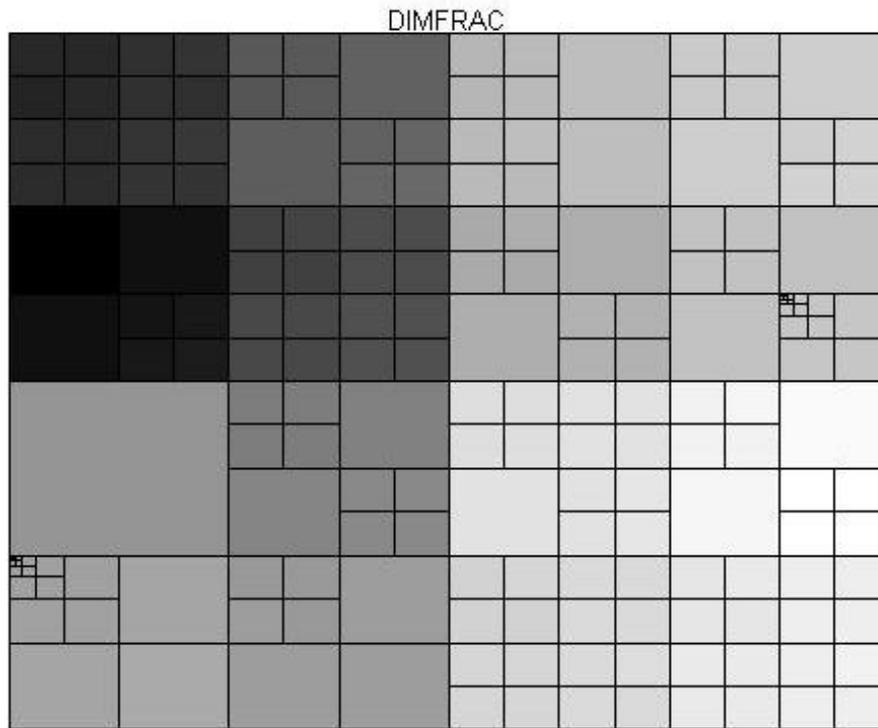


Figura 9. Mapa de la distribución de valores de la dimensión fractal para las imágenes agrupadas en el mapa GHSOM.

Podemos observar que en el cuadrante inferior derecho se encuentran agrupados los objetos con valores más grandes de dimensión fractal son aquellos objetos con estructura más compleja y cercana a las dos dimensiones, por otro lado en el cuadrante superior izquierdo se encuentran los objetos con menor valor de dimensión fractal son objetos con valores más cerca del valor correspondiente a estructuras de una dimensión. Se observa que los objetos que presentan mayores valores de dimensión fractal son Series de Tiempo (ST), Fractales Matemáticos con



componente caótica (FMAT) y Estructuras de la Naturaleza (NAT). En el caso opuesto los objetos que presentan menores valores de dimensión fractal (más cercanos a una dimensión) son en su mayoría de la familia de Fractales Matemáticos. En los otros cuadrantes de la Figura 9, predominan una mezcla de objetos, principalmente Fractales Matemáticos, Mapas, Edificios y Estructuras de la Naturaleza.

Se puede entonces observar de los resultados presentados que con ciertas excepciones, hay una relación entre el origen de las estructuras geométricas y el rango de valores de dimensión fractal que pueden tomar, es decir hay una relación entre el fenómeno natural o artificial representado y la estructura geométrica representada en la imagen.

5 CONCLUSIONES

Se conjuntaron diferentes imágenes fractales, por consiguiente se clasificaron en familias de imágenes según el tipo de cada imagen. Se analizaron las diferentes familias de imágenes que pertenecen a la naturaleza como montañas, ríos, vegetales, animales, árboles, rocas, y cuerpo humano así como imágenes generadas en forma artificial (ya sea matemáticamente o por actividad humana) como fractales matemáticos, edificios, series de tiempo y mapas; a todas estas imágenes se les aplicó un análisis fractal, ya obtenida la dimensión fractal de cada imagen se realizó un análisis y clasificación de las imágenes acorde a su dimensión fractal y familia. Los resultados obtenidos muestran que existe una relación entre la familia del fenómeno representado en una imagen y la complejidad de la estructura geométrica de dicha imagen y que es representada por la dimensión fractal correspondiente, es decir hay un rango de valores de dimensión fractal asociados a fenómenos pertenecientes a una misma familia. Se observó que aquellas familias que representan fenómenos con un componente caótico o complejo presentan los valores de dimensión fractal más grandes: Series de Tiempo y algunos Fractales Matemáticos. Por otra parte los fenómenos de origen natural o artificiales pero generados por actividad humana (edificios y mapas de ciudades o geográficos), presentan un rango de valores intermedios entre la geométrica de una dimensión y de dos dimensiones, finalmente los fenómenos artificiales generados matemáticamente presentan en su mayoría una dimensión fractal más cercana a una geometría euclidiana de una dimensión (valores más cercanos al uno). Existe una riqueza de similitud entre las imágenes representativas de diferentes fenómenos, tal como se observó en el análisis con la técnica GHSOM, y aunque en lo general si se observa una separación por familias, esta no es absoluta y existe también casos de similitud en el aspecto fractal entre imágenes representativas de fenómenos diferentes y de familias diferentes. Finalmente múltiples fenómenos matemáticos y físicos que son complejos de estudiar analíticamente, se pueden estudiar y clasificar en forma geométrica tal como se presenta en este trabajo, inspirados en lo que descubrió Benoit Mandelbrot: que la fractalidad no es un artificio matemático sino una realidad de la naturaleza.

A futuro se espera extender el análisis de las imágenes a otras propiedades como la lacunaridad y otras dimensiones representativas como la dimensión química y multifractalidad. Y continuar refinando la clasificación de las imágenes en base a varias propiedades fractales y para nuevas familias de imágenes. El estudio de la fractalidad en diferentes objetos representados en imágenes tiene múltiples aplicaciones en geología, en el procesado de imágenes, generación de objetos para gráficos por computadora, el análisis de series de tiempo económicas, etc. por lo que es un campo abierto de estudio.



6 REFERENCIAS

- [1] B. Mandelbrot, *La Geometría Fractal de la Naturaleza* (Tusquets Editores, Barcelona), 662, (2009).
- [2] H. O. Peitgen, H. Jurgens, Di. Saupe; *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science* (Springer, Berlin), 864, (2004).
- [3] V. A. González G., C. Guerrero; *Ingenierías*, **IV**, 10, 53-59, (2001).
- [4] R.C. Hilborn, *Chaos and Nonlinear Dynamics* (Oxford University Press, Oxford), 650, (2000).
- [5] <http://rsb.info.nih.gov/ij>
- [6] <http://www.fractalyse.org>
- [7] E.F. Bautista-Thompson, *Medición de la Predictibilidad de Series de Tiempo: Un Estudio Experimental*. (Instituto Politécnico Nacional, México DF), 329, (2005).



1.9 SEMICONDUCTORES, DISEÑO DE CIRCUITOS ANÁLOGOS Y SISTEMAS DIGITALES

ACTIVACIÓN REMOTA BASADA EN EL MICROCONTROLADOR PIC CON INTERFACES DE BLUETOOTH Y DE VOZ CON TONOS DTMF

Eduardo Pérez Cruz, Juan Carlos Canul Arena, Ricardo Sánchez Quintal,
Fernando A. Escalante Guerrero, Alberto Córdova Broca

Instituto Tecnológico de Lerma, Km. 10 Carr. Campeche Champotón en Lerma, Campeche, Mex.
CP 24500

eduperea69@gmail.com, juan.canul91@gmail.com, ricardo.sanchezquintal@gmail.com,
feresca_2007@hotmail.com, albertocb7@hotmail.com

RESUMEN

La tecnología ha cubierto muchas de las necesidades de la humanidad, ha sido un motor de la evolución e inclusive ha creado aplicaciones que se han adquirido y adoptado como “nuevas necesidades”.

Hoy en día es posible supervisar, controlar y actuar con dispositivos de manera remota a través de diversos “controles”, pudiendo tener a nuestro servicio en una sola habitación tantos controles como equipos dispongamos, pensando en cómo integrar múltiples controles y ampliar el uso de dispositivos ya existentes se plantea este proyecto.

El prototipo que resulta de este proyecto expande las funciones de un teléfono móvil o una tableta electrónica que cuenten con la interfaz Bluetooth y el sistema operativo Android para que se controle el encendido de diversos dispositivos, pudiendo inclusive ser activados mediante tonos DTMF desde una llamada telefónica que elija opciones ofrecidas por un menú de voz.

La idea es tener un solo control remoto para múltiples dispositivos en el hogar integrando un sistema domótico con controles para iluminación, aires acondicionados, bombas de agua o cualquier otro equipo de la casa que requiera ser activado.

La función de este prototipo puede describirse en dos etapas:

- La transmisora con dos modalidades una basada en una aplicación en Android que envía comandos por Bluetooth mediante una interfaz gráfica instalada como APK en el teléfono móvil o tableta electrónica y la otra basada simplemente en la marcación a un número de un teléfono conectado al receptor.
- La etapa receptora, que está basado en un microcontrolador PIC18F4550, se comunica con un módulo Bluetooth HC06 configurado como esclavo para la primer modalidad y para la segunda cuenta con una interfaz, que una vez que se contesta automáticamente la llamada, envía mensajes de voz basados en el chip APR9600, reconoce los tonos DTMF empleando el MC8870 y ejecuta acciones de activación. La etapa de salida del microcontrolador emplea un ULN2003 para la conmutación de relevadores.



INTRODUCCIÓN

El mundo ha cambiado radicalmente debido a los avances de la ciencia. Las nuevas tecnologías pueden ser inclusive hoy en día, la clave para contribuir al desarrollo social y económico, pues ofrecen un sin número de beneficios en diferentes campos. Estos estudios y la investigación constante nos permiten alcanzar un mejor nivel de confort y múltiples servicios, integrando la tecnología a nuestra vida, tal es el caso de la domótica.

Según José Manuel Rodríguez Marrón de Orbis (ABRIL 2010). La domótica es la automatización y control centralizado y/o remoto de aparatos y sistemas eléctricos y electrotécnicos en la vivienda. Los objetivos principales de la domótica es aumentar el confort, ahorrar energía y mejorar la seguridad.

La domótica aporta una serie de comodidades, que redundan en una mejor gestión de nuestro entorno (tanto personal como profesional), consiguiendo un ambiente más confortable. Es por ello que se busca un mecanismo que brinde la posibilidad de:

- Encendido y apagado de los sistemas de iluminación y climatización.
- Control de encendido de los aparatos eléctricos
- Controlar elementos del sistema a través del teléfono.
- Apagado general: mediante una simple pulsación, el usuario puede apagar una zona o todas las luces del edificio o vivienda.

Este Control domótico se pretende implantar en tecnologías existentes, y empleadas en la vida cotidiana tales como el teléfono o dispositivos móviles con Bluetooth

DESARROLLO

La Fig. 1 muestra el diagrama a bloques del sistema desarrollado, como entrada al sistema podemos recibir señales desde un dispositivo con Bluetooth a través del módulo HC06 y una interface desarrollada en Android o desde el teléfono mediante tonos DTMF y una interfaz de voz.

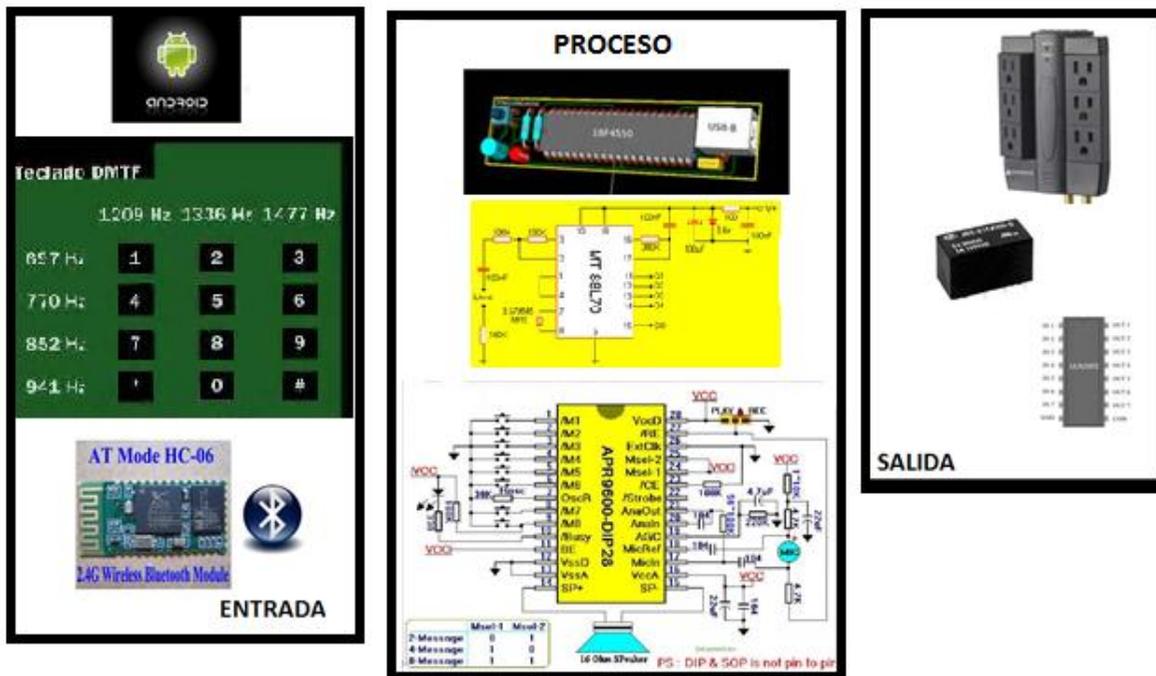
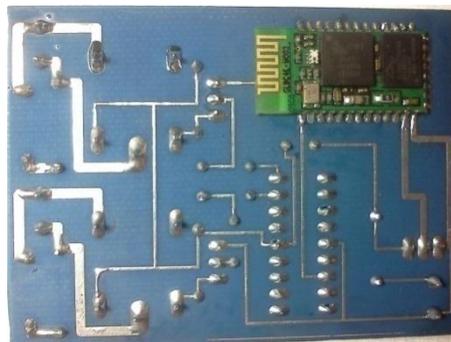


Fig. 1.- Diagrama representativo del sistema.

La implementación de este diseño se realizó con dispositivos eléctricos y electrónicos de fácil acceso comercial. La versatilidad de este diseño permite reconfigurar la salida para disponer la activación de los contactos a través de las interfaces como resulte conveniente.

Control BLUETOOTH

Para el control del Bluetooth primero es necesario asegurarse que los dispositivos estén “emparejados” para esto la aplicación envía un dato para la activación de una bandera. Una vez asegurada la comunicación se pregunta por el dato que eventualmente puede recibir. Si el dato es 1 se activa el contacto 1, si es 2 desactiva el contacto 2 y así sucesivamente para los demás contactos. Para esta aplicación se dispusieron de 4 contactos, así que solo se esperan datos del 1 al 8.



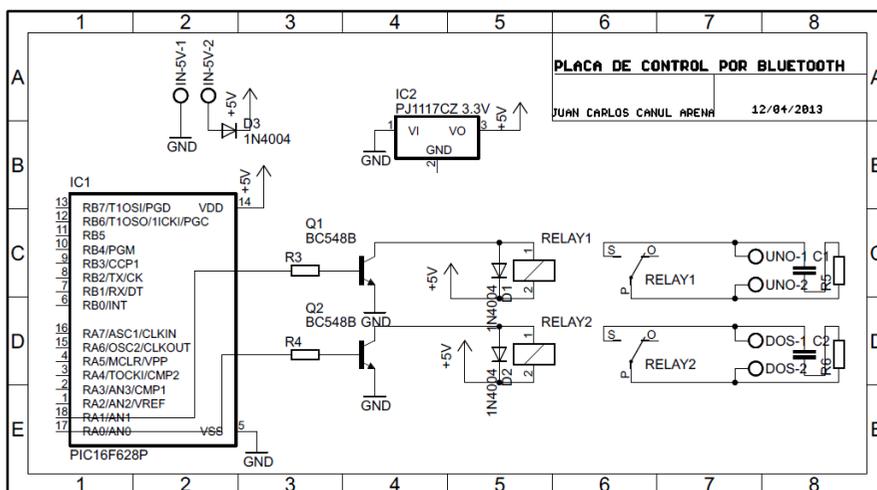


Figura 2.- Control por Bluetooth .

Eta de Potencia

El microcontrolador activa los contactos a través de una etapa de potencia basada en relevadores, para esto emplea el ULN2003, un arreglo de transistores Darlington, que harán las funciones de los transistores BC548 como interruptores mostrados en la figura anterior. Se ha diseñado en una tarjeta aparte los relevadores para ser activados.

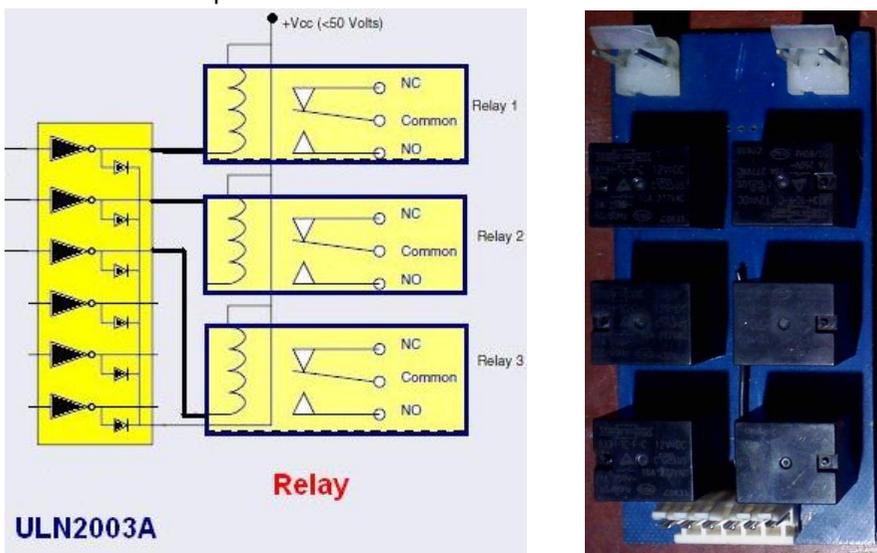


Fig. 3.- Eta de potencia

Programación APK

La Fig. 4 muestra el diagrama representativo de la programación desarrollada en Basic4android



Fig. 4.- Desarrollo APK en Basic4android.

Para la programación primero se eligen los recursos con los cuales se va a interactuar, en este caso la comunicación Bluetooth que se reconoce en un puerto serial COM. Se diseña la plantilla o el entorno visual de la aplicación asociando imágenes con botones, al hacer esto aparece el código generado en la ventana de trabajo. Para el código primero nos aseguramos que estén emparejados los dispositivos, luego la programación es sencilla pues si se hace “click ” en el botón_1 enviamos 1 y así sucesivamente para cada botón .

La estructura está hecha de la siguiente manera:

- 1.- Los botones son de color verde y rojo, los verdes al ser pulsados indican la activación o encendido, y los rojos hacer lo contrario.
- 2.- Al pulsar algún botón, se elige que acción se desea realizar.
- 3.- Dependiendo de la acción es el color del botón (verde para encender - rojo para apagar), este envía comandos AT mediante el Bluetooth previamente encendido y emparejado con el módulo receptor, enviando un código numérico el cual será descifrado por el Microcontrolador y éste será quien realice la acción mandada.
- 4.- El código enviado depende del botón pulsado, los números uno, tres, cinco y siete, permiten encender los contactos uno, dos, tres y cuatro, en el orden mencionado. Mientras que los números dos, cuatro, seis y ocho desactivan o apagan los mismos contactos y en el mismo orden.



Fig. 5.- Presentación de la APK en Basic4android.

Control DTMF

Este control está basado en un receptor DTMF M-8870 que permite detectar los tonos y convertirlo en el dato binario según el tono detectado que corresponde a un número oprimido en el teclado telefónico, el microcontrolador está configurado para leer como entrada del puerto B (RB0-RB3) el número de tecla correspondiente para interactuar con el usuario a través de mensajes de voz pregrabados en el APR9600, circuito integrado para la grabación y reproducción de hasta 60 segundos de voz.

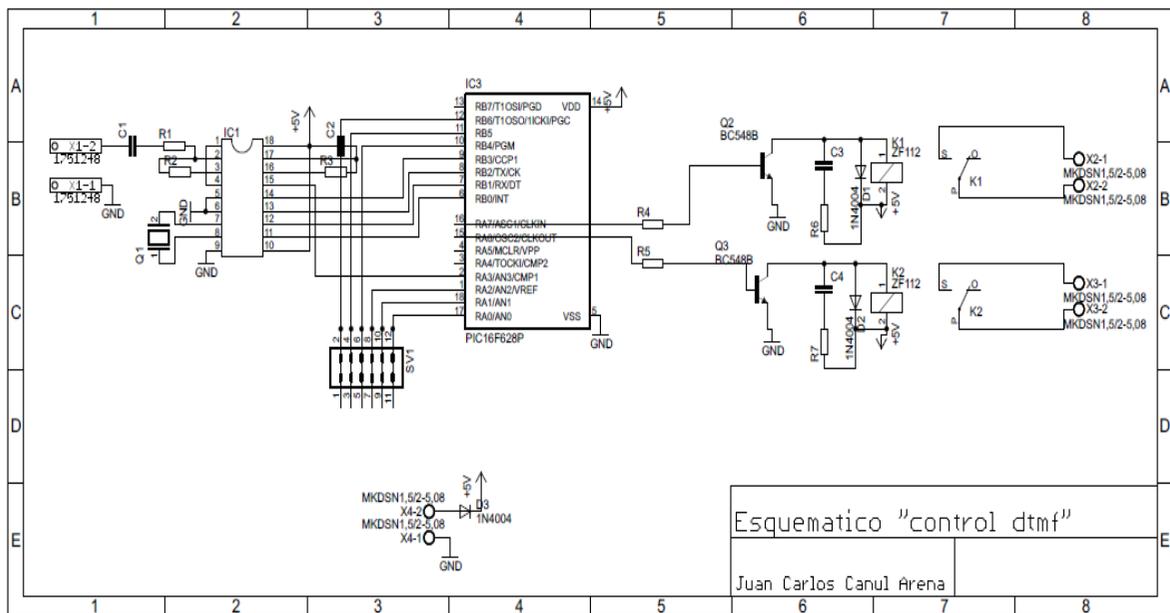


Fig. 6.- Control DTMF para dos contactos.

Dependiendo del dato recuperado se activará uno de los siete mensajes de voz pregrabados por las salidas del puerto A y B correspondientes.

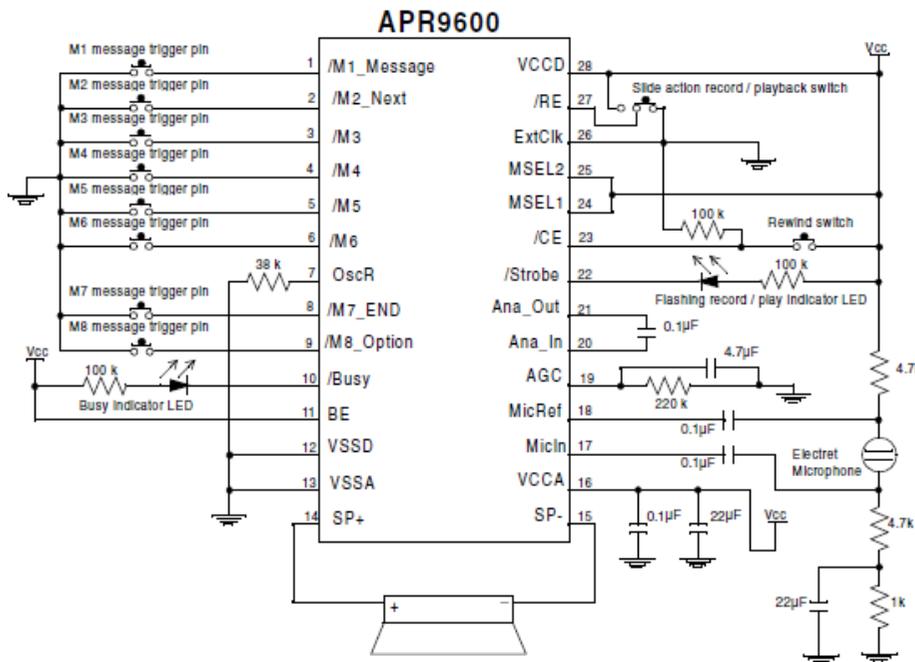


Fig.7.- Modo de reproducción (Random Access Mode).

La lógica de la programación opera cuando se contesta la llamada y se oprime cualquier tecla para



la activación del menú de voz, el primer mensaje expresa “Bienvenido, ingrese su clave” se valida la clave para acceder al siguiente menú donde se pregunta si se desea activar o desactivar algún contacto “Pulsa 1 para activar o 2 para desactivar contacto”. Después de la elección el menú pregunta para elegir el contacto “Seleccione contacto” y una vez elegido el contacto retroalimenta con el mensaje correspondiente “contacto activado” o “contacto desactivado” y regresa al menú de activación. De manera predeterminada se asignan la clave de acceso y el número de contactos disponibles, el usuario tendrá esta información para su operación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtiene como resultado un sistema de fácil manejo con una interfaz versátil, que permite la activación de contactos de manera remota por dos vías: de manera local mediante una comunicación vía Bluetooth y de manera remota a través de una línea telefónica reconociendo comandos a partir de tonos DTMF. Para esta aplicación se integraron las aplicaciones desarrolladas por separado basadas en el PIC16F628 para integrarlas en el PIC18F4550 y se dispusieron de 4 contactos para la activación por Bluetooth y de 2 contactos para la activación por tonos. Esta configuración puede variar de acuerdo a las necesidades del usuario.

Para la presentación del prototipo se elige un chasis de un regulador que dispone de los 6 contactos mencionados, el cual se adecúa para los espacios requeridos, con solo conectar el equipo o circuito en el prototipo se va a poder tener el control de la activación de las maneras antes descritas.

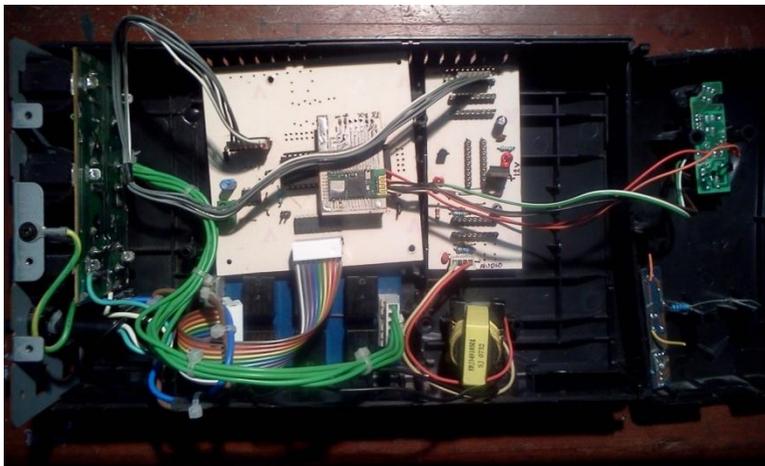


Fig. 8.- Montaje final del sistema.



CONCLUSIONES

Se logra con este proyecto implementar un módulo completo y funcional para el control del hogar, mediante un sistema de control de encendido con tecnologías Bluetooth y tonos DTMF que puedan ser integradas dentro de un mismo prototipo.

La activación de los contactos fue realizada por relevadores, pero la etapa de potencia puede ser sustituida por tiristores para el control de potencia.

El módulo Bluetooth del microcontrolador actúa como esclavo en este prototipo, es decir solo puede recibir comandos; sin embargo es recomendable habilitar otros modos para poder informar del estado de los interruptores. En caso de un corte del suministro de energía eléctrica cuando se restablece la energía todos los contactos quedan desactivados o apagados.

REFERENCIAS

Ibram, Dogan (2006). Microcontroller Based Applied Digital Control. Inglaterra. John Wiley y Sons, Ltd.

Huidobro y Millán (2009). DOMÓTICA, EDIFICIOS INTELIGENTES. Cover Art by Loni Zarlíng.

Albert S. Huang (2007). Bluetooth Essentials for Programmers.
CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

José Manuel Rodríguez Marrón de Orbis (ABRIL 2010). LA DOMOTICA DEL AGUA ES YA . CEDOM asociación española de domótica, abril 2010(09), 38 paginas.

Mr KWOH Leong Keong, (2011). Título del artículo. CRISSP. Recuperado el 2, ENERO y 2013 en <http://www.crisp.nus.edu.sg/>



CARACTERIZACIÓN POR FATIGA A LA ALEACIÓN DE BRONCE SAE 62, MODIFICADA POR EL METODO DEL BORONIZADO.

Cauich Cupul J., Zapata Chay D., Carrillo Escalante H, Villajuana Cervantes S.

Instituto Tecnológico de Mérida, av. Tecnológico, km 4.5,
javierin_3@hotmail.com.

RESUMEN

La fatiga, es la causa del ochenta por ciento de las fallas en maquinarias; los elementos mecánicos trabajan, en su mayoría, bajo condiciones de fatiga. Muchos estudios fueron llevados a cabo para mejorar el diseño de los componentes sometidos a cargas repetitivas. Muchas aplicaciones industriales llevan asociada una carga cíclica en lugar de estática y en ese caso, los materiales se romperán a tensiones mucho menores que aquellas que puede soportar la pieza bajo la aplicación de una única tensión estática. La fatiga es el fenómeno general de fallo del material tras varios ciclos de aplicación de una tensión menor a la de rotura, una alternativa para aumentar la resistencia a la fatiga y alargar la vida útil del material es realizando un tratamiento superficial a base de Boro, el boronizado es un tratamiento termoquímico, en que átomos de boro penetran a través de la difusión en el material deseado, el proceso de tratamiento superficial del boronizado, permite aumentar la resistencia a la fatiga, y posteriormente observar el comportamiento de la tensión y la fatiga sobre el encapsulado y núcleo del boro, bórax, bronce y arcilla respectivamente. En el bronce se forma una capa superficial con alta concentración de boro. El bronce boronizado presenta en sus capas superficiales mayor microdureza, lo que ayuda a disminuir el desgaste, es decir aumenta la resistencia abrasiva. La ventaja de este tratamiento es que el Boro es un átomo muy pequeño comparado con otros, por lo que difunde con mayor facilidad

Introducción

Boronizado es un tratamiento termoquímico, en que átomos de boro penetran a través de la difusión en el material deseado, en este caso el bronce [1]. Aunque el Boro por su posición en el sistema periódico indicaría una relación parecida al Aluminio, es mucho más parecido al Carbono y al Silicio en sus propiedades químicas. El Boro cristalino es similar al diamante en sus cualidades ópticas y apariencia, siendo casi tan duro como él. En sus compuestos actúa como un no metal pero en estado puro es un conductor eléctrico como el Carbono. Los hidruros de Boro son todavía más parecidos a los compuestos de Silicio y Carbono. Otros compuestos industriales de importancia son el carburo de Boro (B₄C). De esta manera en el bronce se forma una capa superficial con alta concentración de boro. El bronce boronizado presenta en sus capas superficiales mayor microdureza, lo que ayuda a disminuir el desgaste, es decir aumenta la resistencia abrasiva. La ventaja de este tratamiento es que el Boro es un átomo muy pequeño comparado con otros, por lo que difunde con mayor facilidad.

En el presente trabajo se desarrolla un tratamiento superficial a base de boro para aplicarlo a un material con aleación Bronce SAE 62 con el propósito de aumentar la resistencia a la fatiga y alargar su vida útil.



Parte Experimental

Materiales y Métodos

En este trabajo se utilizó el Bronce SAE 62, también llamado UNS C90500. Para el tratamiento se utilizó en la mezcla: el ácido bórico (H_3BO_3), el bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) o Borato de sodio o Tetraborato de sodio, la arcilla ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$) y arena silica es un tipo de bentonita cuyo rango granulométrico comprende de 1/16 a 2 mm de diámetro arena silica, su composición química la constituye íntegramente el bióxido de silicio (SiO_2). Los tratamientos se realizaron en Crisoles de cerámica por su resistencia a altas temperaturas. Para el calentamiento de las muestras se utilizó un horno eléctrico, para pesar los componentes de la mezcla se utilizó una báscula digital. Los ensayos se realizaron en una máquina de pruebas universales marca Shimadzu modelo AG-X. Los ensayos de fatiga también fueron realizados en la máquina de la marca TecQuipmen, modelo SM1090 Máquina de fatiga rotativa. En las pruebas de dureza se utilizó un durómetro universal marca Officine Galileo modelo D-200, con un indentador esférico de acero de 1/16 de pulgada de diámetro y la carga empleada fue de 100 Kg, aplicándola desde su periferia hasta el núcleo.

Metodología para el tratamiento de boronizado.

Para obtener la mezcla y realizar el tratamiento, se realizó el siguiente procedimiento, los componentes para la mezcla fueron pesados en una báscula digital para una mayor exactitud en las cantidades a utilizar, lo siguientes fue realizar la mezcla de sales en los crisoles cerámicos y revolver hasta obtener una mezcla homogénea de los tres componentes; teniendo esto, las probetas de bronce a tratar se cubrieron en la mezcla de sales de la siguiente forma; primero se formo una base de la mezcla en el fondo del crisol cerámico, para asentar la probeta, se colocaron las muestras y se cubrieron totalmente con el resto de la mezcla, compactando la mezcla formada sobre la probeta de bronce para evitar la filtración de aire en el interior donde se daría la reacción y difusión de los reactivos presentes en la mezcla.

Los crisoles cerámicos se colocaron en el interior del horno eléctrico a una temperatura de $750^{\circ}C$ durante un período de 2 horas y se dejó enfriar durante un día.

Ensayo de tensión.

Para determinar el esfuerzo que se aplicara en los ensayo de fatiga, según el material de la probeta, los esfuerzo inducido equivale a un porcentaje del esfuerzo máximo o resistencia a la tensión del material. Se realizaron dos ensayos de tensión con dos probetas cilindradas, con diámetro de 8.9 mm y una distancia del cuello de 50.8 mm, a una de las probetas se le aplico el tratamiento de boronizado.

Las pruebas de tensión se realizaron en una máquina de pruebas universales marca Shimadzu modelo AG-X, a una velocidad constante de 2 mm/min, empleando las mordazas adecuadas de sujeción según las dimensiones de las probetas, los ensayos de tensión se realizaron de acuerdo a la norma ASTM E 8.



Ensayos de fatiga.

Los ensayos de fatiga se realizaron en una máquina de fatiga rotativa, marca TecQuipmen, modelo SM1090. La prueba se realizó de acuerdo a la norma ASTM E466.

Obtenidos todos los parámetros para el ensayo de fatiga, se inició el primer ensayo con la probeta a la que no se le aplicó el tratamiento superficial del boronizado, luego se realizó en las dos probetas que tenían el tratamiento, por lo que para simular el comportamiento de la fatiga en los ensayos se utilizó el dominio denominado fatiga de bajo número de ciclos, donde se aplicaron cargas relativamente grandes, esperando obtener de estos ensayos los intervalos de ciclos en que debía fallar el material, en este caso el bronce SAE 62, y también obtener la resistencia a la fatiga.

Ensayo de dureza al bronce SAE 62.

Se realizara la medición de dureza a la probeta de bronce SAE 62. El procedimiento se realizó con el durómetro universal marca Officine Galileo modelo D-200, se utilizó la dureza Rockwell B, que es el indicado para un material no ferroso como el bronce SAE 62. En la prueba se utilizó un indentador esférico de acero de 1/16 de pulgada de diámetro. La carga empleada fue de 100 Kg, y se aplicó desde su periferia hasta el núcleo.

Resultados

Tratamiento superficial de Boronización.

Al término del tratamiento de boronizado aplicado a las probetas, además del evidente cambio visual de éstas como se observa en las figuras 1 y 2, se formó una capa superficial rugosa por la reacción y difusión del ácido bórico (H_3BO_3), el bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), la arena silica (SiO_2) y la arcilla (silicato hidratado de alúmina) que le proporcionó a las probetas alta microdureza y coeficiente de rozamiento.



Figura 1. Probeta para ensayo de tensión después del tratamiento de boronizado.



Figura 2. Probeta para ensayos de fatiga después del tratamiento de boronizado.



Ensayo de tensión.

Se realizaron pruebas de tensión a las dos muestras de bronce SAE62, a una de las probetas no se le aplicó el tratamiento de boronizado con la finalidad de realizar una comparación entre la muestra boronizada y la muestra no boronizada, los resultados de resistencia son de utilidad, para obtener el máximo porcentaje de esfuerzo a aplicar en los ensayos de fatiga. En las figuras 3 y 4, se muestran las gráficas de cada una de las pruebas de tensión y en la tabla 1, los resultados de los ensayos.

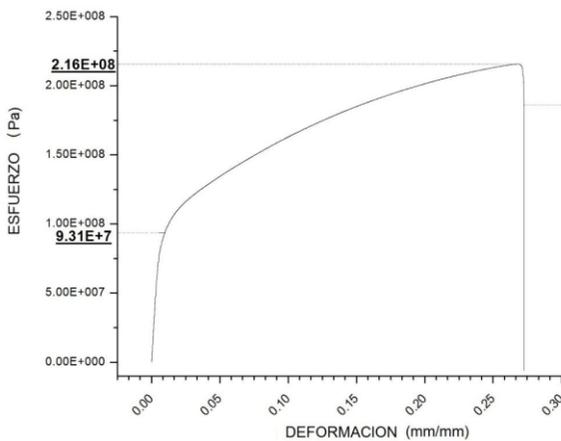


Figura 3. Sin el tratamiento de boronizado

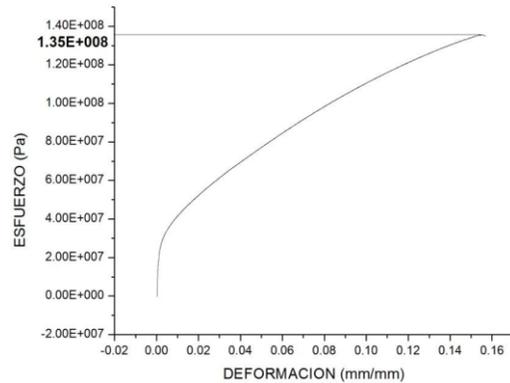


Figura 4. Con el tratamiento de boronizado

PROBETAS	Fuerza Máxima	Esfuerzo Máximo	Resistencia a la fractura
	N	Mpa	Mpa
Probeta N°1 Sin tratamiento	15298.9	215.84	183.83
Probeta N°2 Con tratamiento	8616.249	135.4	135.63

Tabla 1. Resultados de las ensayos de tensión realizados a las dos probetas.



Se observa en las gráficas, así como en la tabla de resultados, que el esfuerzo máximo de la probeta a la que se le dio el tratamiento superficial, se redujo 37.3% con respecto a la probeta a la que no le fue aplicado el tratamiento, también disminuyó el esfuerzo de cedencia y la resistencia a la fractura, debido a la alta temperatura que resultó del tratamiento superficial del boronizado, pues la temperatura penetró el bronce y cambió las propiedades mecánicas del mismo, disminuyéndolas, lo cual no afectará a los ensayos de fatiga, ya que se espera que el tratamiento con el boronizado aumente la resistencia a la fatiga.

Ensayo de Dureza

En los ensayos de dureza Rockwell B realizadas a las dos probetas de Bronce SAE 62 (una de ellas con el tratamiento de boronizado), se utilizó un indentador esférico de acero de 1/16 de pulgada de diámetro y una carga empleada de 100gr durante 1 min.

Los resultados de dicho ensayo se presentan en las tablas 2 y 3.

N° de ensayo	Dureza Rockwell B HRB
1	45
2	50
3	47
4	50
5	48
promedio	48

Tabla 2. Para Bronce SAE 62 sin tratamiento

N° de ensayo	Dureza Rockwell B HRB
1	30
2	30
3	30
4	29
5	30
promedio	30

Tabla 3. Para Bronce SAE 62 con el tratamiento

Se realizaron cinco mediciones de dureza en diferentes lugares de la probeta, el promedio de las mediciones en el ensayo de dureza para la probeta sin el tratamiento fue de 48 HRB y para la probeta con el tratamiento el promedio fue de 30 HRB, observándose que en la probeta con el tratamiento se elevó la dureza en un 37.5 % con respecto a la probeta sin el tratamiento.

Ensayos de fatiga.

Obtenido el máximo esfuerzo en los ensayos de tensión, se determinaron los parámetros para los ensayos de fatiga, éstos son: la fuerza obtenida del ensayo de tensión, el esfuerzo que se va a aplicar a la probeta, el diámetro del cuello de la probeta, la velocidad que se va a aplicar a la máquina y la longitud del cuello de la probeta hasta el rodamiento de la máquina de fatiga.



Fractura de las probetas.

En las tablas 4 y 5 se presentan los intervalos de fuerza, esfuerzo y ciclos en que las probetas mostraron las fallas por fatiga.

Probeta sin tratamiento		
Ciclos	Esfuerzo (Mpa)	Fuerza (N)
420643	125.6	30.2
420673	124.2	30
420694.5	85	20.5
420703	69.5	16.7
420721.2	35	8.5
420731	16.3	4
420750.7	0	0.1

Tabla 4. Intervalos del ensayo realizados a la probeta sin tratamiento

probeta 1			probeta 2		
esfuerzo	ciclos	fuerza	esfuerzo	ciclos	fuerza
70.9	3552793	17.1	68	5779332	16.3
70.9	3552916	17	68	5779424	16.3
70.9	3553039	17	68	5779516	16.3
70.9	3553162	17	66.5	5779608	16.2
57.6	3553284	13.8	65	5779699	15.6
52.9	3553290	12.8	55.8	5779710	13.5
44.7	3553300	11.2	47.5	5779720	11.6
36.5	3553310	9.6	39.2	5779730	9.7
29.4	3553320	8	30.9	5779740	7.8
22.3	3553330	6.4	22.5	5779750	5.9
15.1	3553340	4.3	14.2	5779760	4
8	3553350	2.2	5.8	5779770	2
0.9	3553360	0	0.003	5779780	0

Tabla 5. Intervalos de los ensayos realizados a las probetas con tratamiento.



En las tablas anteriores se muestra el último segmento del ensayo donde el esfuerzo empezó a disminuir y se inician las grietas hasta que el esfuerzo llega a un valor mínimo, presentándose la fractura de las muestras entre los valores reportados.

El tiempo de duración de la probeta sin el tratamiento de boronizado para presentar la rotura fue aproximadamente de 02:31 hrs, con un intervalo de captura de datos de 0.5 seg; en la probeta No 1 a la que se le dio el tratamiento de boronizado el tiempo que tardó en presentarse la fractura fue de 35:26 hrs, con una intervalo de captura de datos de 1.5 seg; y en la probeta No 2 a la que se le dio el mismo tratamiento tuvo una duración de 39:02 hrs con un intervalo de captura de datos de 1.5 seg.

Curvas S-N de los ensayos.

Obtenidos los intervalos en los ensayos de fatiga, se realizaron las gráficas de las curvas S-N para todas las muestras a las que se les realizaron dichos ensayos.

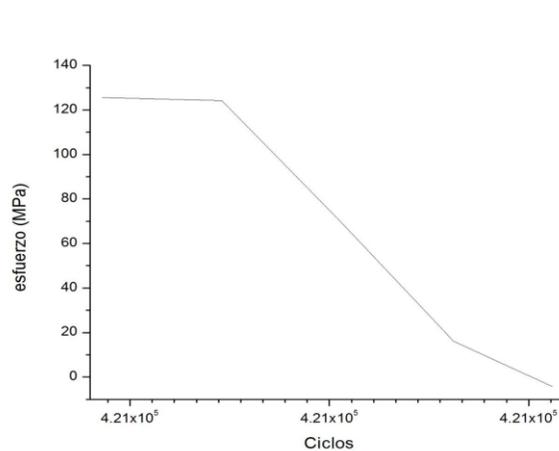


Figura 5. Muestra sin tratamiento.

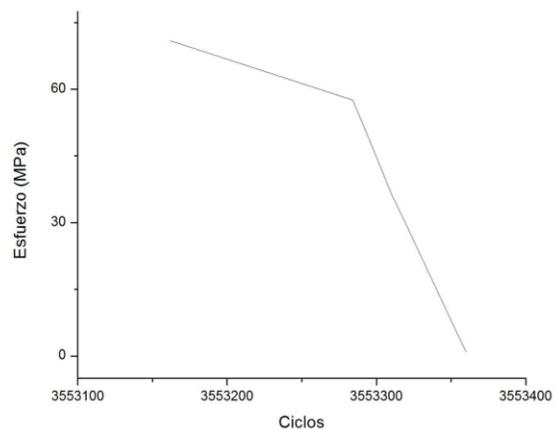


Figura 6. Muestra No1 con el tratamiento.

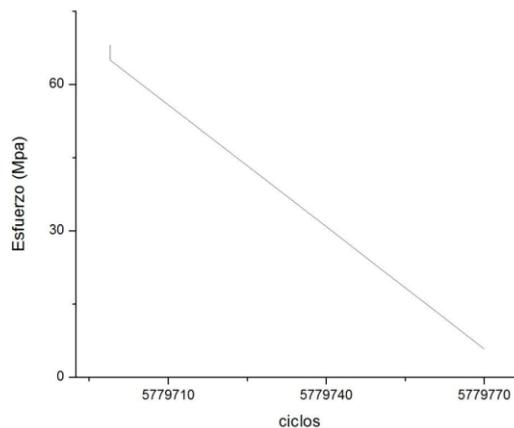


Figura 7. Muestra No 2 con el tratamiento



Obtenidas las tres curvas *S-N* que se realizaron para los tres ensayos de fatiga, se observa en las gráficas que la curva *S-N* continúa decreciendo al aumento de los ciclos, el bronce SAE 62 al ser un material no ferroso no presentó un límite de fatiga, por lo consiguiente la fractura es independiente de la magnitud del máximo esfuerzo aplicado en los ensayos, y la fractura se presentó según el comportamiento de la fatiga aplicada en los ensayos que fue de 105 a 107 ciclos. En la probeta sin el tratamiento, su fractura alcanza los 105 ciclos llegando al parámetro esperado, mientras que en la gráfica de las probetas a las que se les aplicó el tratamiento se observa (figura 5 y 6) que la fractura llegó a los 107 ciclos teniendo un incremento importante de los ciclos mencionados.

Los intervalos de la resistencia de fatiga son: para la probeta sin tratamiento: esfuerzo de 124.2 MPa a 0 MPa con una frecuencia de 4.2×10^5 ciclos; para la probeta No1 con el tratamiento los intervalos son: esfuerzo de 70.9 MPa a 0 MPa con una frecuencia de 3.5×10^6 ciclos; y para la probeta No 2 con el tratamiento los intervalos son: esfuerzo de 68 MPa a 0 MPa con una frecuencia de 5.7×10^6 ciclos, teniendo los intervalos de la resistencia a la fatiga y observando las gráficas de las curvas *S-N* (figuras 5 y 6) podemos afirmar que por debajo de las cuales la fractura por fatiga no se presentara. Durante los intervalos previamente relacionados, se inicia una pequeña grieta en alguna región de concentración de tensiones, la cual aumenta su tamaño de forma gradual por cada ciclo de carga, lo que ocurre muy rápido, y al alcanzar la grieta su tamaño crítico ocurre la fractura.

Comparación de los ensayos.

En la siguiente tabla 6 se presenta la comparación del porcentaje de aumento de los ciclos entre la probeta sin el tratamiento y las dos probetas con el tratamiento, se mencionan los intervalos de esfuerzo y ciclos, se hace la comparación de la probeta sin tratamiento con la probeta No1 y después con la No2, para lo cual se escogieron los intervalos señalados en dicha tabla, ya que se presume que la grieta se presenta lo suficientemente grande para provocar la fractura de las muestras.

PROBETAS	Esfuerzo (Mpa)	Ciclos	Porcentaje del aumento de los ciclos %
Probeta Sin tratamiento	16.3	420731	---
Probeta No1 Con tratamiento	8	3553360	20.4%
Probeta No2 Con tratamiento	5.3	5779780	7.3%

Tabla 6. Comparación del porcentaje del aumento de los ciclos.



Al promediar los ciclos de las dos probetas con el tratamiento y compararla con la probeta sin el tratamiento se obtuvo el porcentaje general del aumento de dichos ciclos, que fue de **13.85 %**, siendo significativo e importante en el aumento del resultado, al aplicar el tratamiento del boronizado.

Conclusiones.

Comparando los ensayos de las probetas se obtiene un porcentaje de 13.85 % de aumento de ciclos, este resultado proviene de la comparación de los ciclos de las probetas sin tratamiento con las dos probetas que tienen tratamiento, y del resultado se concluye que el aumento de los ciclos es muy relevante, esto quiere decir que la resistencia de la fatiga aumentó en las probetas a las que se les aplicó el tratamiento de boronizado.

Referencias

- Lorenzo A. Victoria Interian, Jesús A Tun Uitz, Irving G. Hernández, Julio C. Sánchez Pech. (2011). "Proceso de boronizado en metales de base cobre aplicado a bielas de avión". Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán, México.
- Ernesto Ponce, Luis Martínez, José Vargas, (2004). "Boronizado De Aleaciones De Base Cobre", revista facultad de ingeniería, u.t.a. Chile, vol 12 n° 2, pp. 57-62.
- TecQuioment Ltd, (2010), "SM 1090 Rotating fatigue machine user guide.



DEPÓSITO DE CAPAS SEMICONDUCTORAS DE CDS POR BAÑO QUÍMICO A TEMPERATURA AMBIENTE

Raúl Duarte Barahona, Jesús Eduardo Castro Suaste, José Emilio Corona Hernández y Andrés Iván Oliva Arias

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida, Departamento de Física Aplicada. AP. 73-Cordemex, 97310 Mérida Yucatán, México.

e-mails: alechess@hotmail.com, chucho-cs@hotmail.com, jecorona@mda.cinvestav.mx,
oliva@mda.cinvestav.mx Tel: 9999 429436

Resumen

La preparación por baño químico de capas delgadas semiconductoras es una alternativa sencilla y de bajo costo para ser aplicada a nivel industrial en la preparación de celdas solares. Normalmente esta técnica utiliza temperaturas de baño entre 60 y 90 °C para realizar el depósito. Un reto interesante es preparar estos materiales por baño químico pero usando temperatura ambiental. El CdS es un material semiconductor utilizado como filtro óptico en la formación de celdas solares en tecnología de capa delgada. Tiene un gap de energía de 2.42 eV, el cual filtra radiación solar debajo de los 515 nm. Aunque el CdS se ha depositado usando diferentes técnicas, el depósito por baño químico es una técnica muy adecuada para ser utilizada en escala industrial por su sencillez y bajo costo.

En este trabajo, se reporta la preparación de capas delgadas de CdS sobre sustratos de vidrio por la técnica de baño químico a temperatura ambiente. El baño químico para depositar el CdS está formado por los siguientes reactivos: 80 ml de CdCl₂ [0.022 M], 200 ml de NaOH [0.22 M], 80 ml de etilendiamina [0.264 M] y 80 ml de tiourea [0.22 M]. Se prepararon grupos de 5 muestras por baño en condiciones ambientales de temperatura a 25 y 32 °C usando flujo de argón y sin él, y tiempos de depósito de 1.5, 2.5, 3, 3.5 y 4 h. Asimismo, se realiza por primera vez, el depósito de capas de CdS usando condiciones ambientales de exposición al Sol.

Las películas preparadas son transparentes, de color amarillo y con buena adherencia sobre el sustrato. Los resultados obtenidos indican que las películas de CdS con mejor calidad se obtuvieron cuando se utilizó el flujo de argón durante su preparación. La morfología de las películas medidas con microscopía de fuerza atómica, muestran una superficie de baja rugosidad. El gap de energía promedio medido es de 2.40 eV para las muestras depositadas a 25 °C, de 2.48 eV para las muestras depositadas a 32 °C, y de 2.10 eV para las capas depositadas al Sol. Los espesores, medidos por perfilometría, varían entre 80 y 390 nm cuando se depositan a 25 °C y entre 205 y 350 nm cuando se depositan a 32 °C. En conclusión, el flujo de argón y el control de la temperatura del baño juegan un papel importante en la calidad óptica de la película de CdS durante el depósito por baño químico, así como la mayor temperatura ambiental de preparación.

Palabras clave: semiconductor, sulfuro de cadmio, depósito por baño químico.



1. INTRODUCCIÓN

El sulfuro de cadmio (CdS) es uno de los semiconductores más estudiados por su aplicación como ventana óptica en la preparación de celdas solares en películas delgada [1]. Tiene un gap de energía de 2.42 eV (515 nm) y generalmente se deposita como semiconductor tipo *n*. El CdS puede ser preparado por diversas técnicas tales como sputtering [2], evaporación libre [3], y láser pulsado [4], entre otras. Una técnica sencilla de implementar y de bajo costo que permite producir películas delgadas entre 10 y 400 nm de espesor es la técnica de depósito por baño químico [5]. Normalmente esta técnica es una combinación de reactivos químicos en un baño que libera iones de Cd^{+2} y S^{-2} que dan lugar a la formación del CdS sólido sobre un sustrato apropiado. Utiliza una temperatura máxima de 90 °C y una agitación que permite la homogeneización del baño químico durante el depósito. Aunque en esencia su aplicación es sencilla, el problema principal radica en seleccionar los reactivos químicos y las concentraciones adecuados para dar lugar a la formación del material con alta calidad y pureza. Además, se sabe que el tipo de agitación, la temperatura, el pH del baño y los tipos de reactivos, son variables que juegan un papel preponderante en la formación química del material.

Existen en la literatura científica muy pocos trabajos sobre el depósito por baño químico de materiales a temperaturas cercanas al ambiente. Uno de los trabajos pioneros para el CdS es el trabajo de Archbold et al. [6], quien utilizó burbujeo de gas nitrógeno durante el depósito realizado a 30 °C. El ZnS también es un material que se ha reportado su preparación por baño químico a temperatura ambiente, aunque posteriormente requiere de un recocido a alta temperatura [7]. La preparación de nanocristales de CdS ha sido la más recurrente para ser formado a temperatura ambiente. Por ejemplo, la reducción sono-química de mezclas químicas usando ultrasonido y gas de argón fue descrita por Wang et al. [8]. También se han reportado trabajos para preparar CdS, ZnS y el ternario $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ a temperatura ambiente [9]. Otra técnica que se ha utilizado para preparar películas de CdS a temperatura ambiente es la llamada SILAR (successive ionic layer absorption and reaction) [10] que consiste en una serie de remojes de un sustrato en soluciones que contienen los iones para ir formando la capa del material deseado.

En este trabajo, se discute la preparación y caracterización del CdS usando la técnica de baño químico a temperatura ambiente. Se depositaron películas de CdS sobre sustratos de vidrio a 25 y 32 °C de temperatura del baño, así como mediante su exposición al Sol. Se muestran los resultados morfológicos y ópticos como función de la temperatura de depósito y en presencia y ausencia de un burbujeo de gas argón durante su depósito.

2. SISTEMA EXPERIMENTAL

Las películas de CdS fueron depositadas por la técnica de baño químico sobre sustratos de vidrio a las temperaturas controladas de 25 °C (temperatura del laboratorio) y de 32 °C, así como mediante exposición solar (sin control de temperatura). La temperatura de 32 °C fue obtenida mediante una plancha caliente y un circuito electrónico de control de temperatura con una variación de $\pm 1^\circ\text{C}$. Estos valores de temperatura están en el rango de la temperatura ambiente de la Ciudad de Mérida donde se realizaron los depósitos, por lo que para fines prácticos, se consideran también temperatura ambiental.

Para la preparación de las muestras, se utilizaron los siguientes reactivos: 80 ml de cloruro de cadmio, CdCl_2 [0.022 M], 200 ml de hidróxido de sodio, NaOH [0.22 M], 80 ml de etilendiamina,



$\text{NH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{NH}_2$ [0.264 M] y 80 ml de tiourea, CS $[\text{NH}_2]_2$ [0.22 M]. Es importante mencionar que los volúmenes y concentraciones de los reactivos utilizados en este trabajo, se reportan para que puedan ser reproducidos por cualquier persona que quiera iniciar en su estudio. Generalmente, los reactivos reportados por otros autores carecen de algún parámetro que no permiten su reproducibilidad. Los sustratos fueron lavados con ultrasonido usando un proceso de varias etapas: agua jabonosa, tricloroetileno, acetona y alcohol isopropílico y secado con aire seco comprimido. Esta etapa de limpieza es clave para asegurar una buena adherencia del CdS con el sustrato.

La homogeneidad del baño químico es conseguida usando agitación magnética con una velocidad lenta y constante durante todo el depósito. Se realizaron 4 diferentes baños obteniendo 5 películas para cada baño. Una novedad de este proceso es la aplicación de un burbujeo de gas argón al baño durante todo el tiempo de depósito. Dos baños fueron realizados sin burbujeo de gas argón y dos baños usando el burbujeo de gas. En cada baño se prepararon 5 muestras que representan 5 espesores diferentes equivalentes a los tiempos de depósito de 1.5, 2.5, 3, 3.5 y 4 h. Las muestras obtenidas fueron caracterizadas ópticamente en su gap de energía usando un espectrofotómetro UV-VIS StellarNet EPP-2000. Los espesores obtenidos fueron medidos con un perfilómetro Dektak 8. La morfología y la rugosidad fueron medidas con un microscopio de fuerza atómica modelo Ambios Universal. La Figura 1a muestra una fotografía del sistema experimental implementado para depositar las películas de CdS. El color amarillento del baño es típico en la preparación del CdS. La manguera de la foto es la que proporciona el burbujeo de Argón durante el proceso de depósito. La Figura 1b muestra tres películas de CdS depositadas sobre sustratos de vidrio con coloración amarillenta típica del CdS.

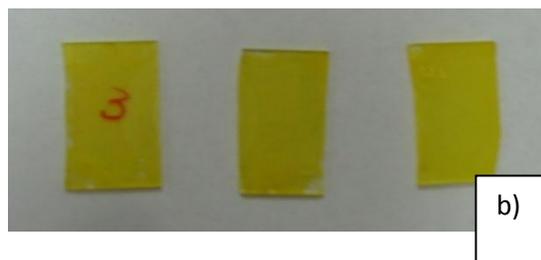


Figura 1. a) Sistema experimental implementado para depositar las películas de CdS por baño químico;

b) Coloración de las películas de CdS depositadas sobre sustratos de vidrio.



3. RESULTADOS

3.1 Morfología de las películas depositadas.

La Figura 2 muestra una serie de imágenes de $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ obtenidas por microscopía de fuerza atómica para cuatro diferentes tiempos de depósito y las dos condiciones de temperatura y de burbujeo de Argón. De la Figura 2 se puede observar que para la temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, se obtienen tamaños de granos muy definidos, pero con poca compactación en comparación con los obtenidos para la temperatura de $32 \text{ }^\circ\text{C}$. Por ello podemos inducir que el efecto del burbujeo de argón puede ser el causante de dicha compactación como se observa de la Figura 2 al comparar las superficies de las muestras depositadas con y sin burbujeo.

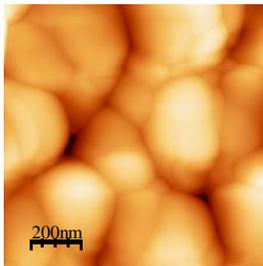
Quizá este parámetro pueda no ser claro de observar de las imágenes de AFM, pero las propiedades ópticas medidas más adelante podrán definir con mayor claridad su papel durante el depósito.

A partir de las imágenes de AFM es posible determinar el valor rms de la rugosidad de la superficie de la película de CdS obtenida. Este valor, que representa la desviación estándar de las alturas, nos define la calidad óptica de la película, como se discutirá más adelante.

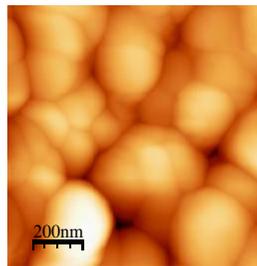
La Figura 3, muestra el valor rms de la rugosidad determinada de las imágenes de AFM. Se observa que para la temperatura de $32 \text{ }^\circ\text{C}$ se obtienen los valores de rugosidad menor, siendo la más baja la correspondiente al grupo de películas depositadas con flujo de argón. Un comportamiento similar se puede observar para todas las películas excepto para la muestra depositada durante 3h a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ con flujo de argón que muestra un valor elevado (35 nm) de la rugosidad. Valores de rugosidad entre 5 y 10 nm son típicos para espesores nanométricos, aunque de acuerdo a la dinámica de crecimiento, la rugosidad se incrementa con el espesor hasta alcanzar un valor de saturación [11]. Sin embargo, para nuestra dinámica de crecimiento, todavía no se logra alcanzar un valor de espesor crítico que alcance el proceso de saturación.

3.2 Perfilometría (espesores)

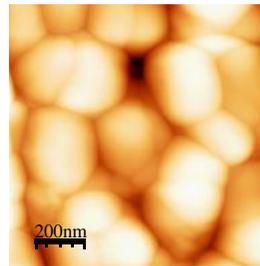
La Figura 4 muestra los valores de espesor medidos por perfilometría para las diferentes condiciones de depósito de las películas de CdS. Como puede observarse de la Figura 4, el espesor de las películas depositadas de CdS varía entre 80 y 390 nm. Para los depósitos de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, el espesor muestra un comportamiento proporcional al tiempo de depósito. Sin embargo, para los depósitos realizados a $32 \text{ }^\circ\text{C}$, los espesores muestran un valor casi constante a lo largo del tiempo de depósito. Este comportamiento está relacionado con el valor de la rugosidad y el grado de compactación antes mencionado, de la película formada. Cuando la película de CdS formada tiene un espesor bajo y una alta rugosidad (el caso para las películas de $25 \text{ }^\circ\text{C}$), éstas pueden ser consideradas de baja compactación del material depositado. Espesores de películas de CdS entre 200 y 300 nm son útiles como filtros ópticos para integrarlos a una celda solar o para preparar materiales para ser utilizados en fotosensores.



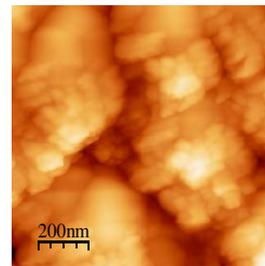
1.5 h



2.5 h

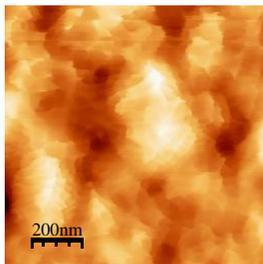


3 h

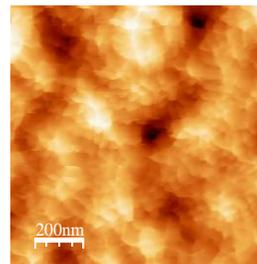


4 h

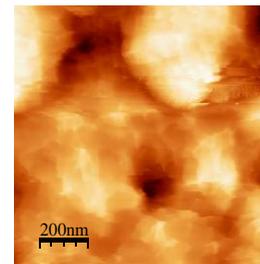
CdS, 25 °C sin burbujeo de argón



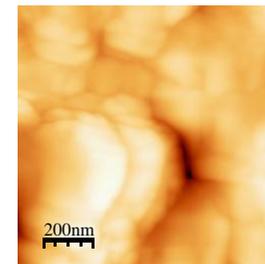
1.5 h



2.5 h

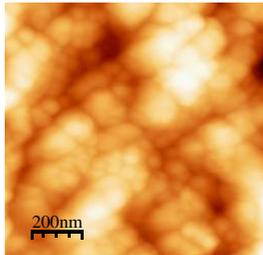


3 h

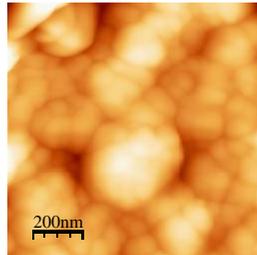


4 h

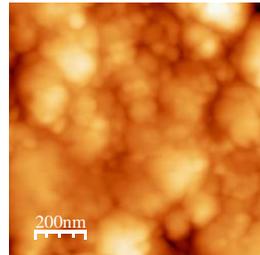
CdS 25 °C, con burbujeo de argón



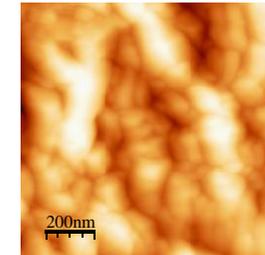
1.5 h



2.5 h

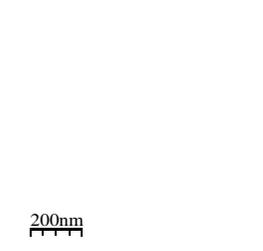


3 h

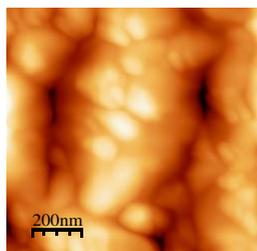


4 h

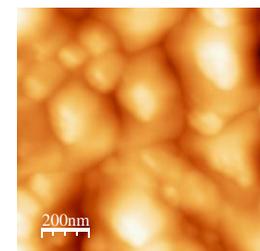
CdS 32 °C, sin burbujeo de argón



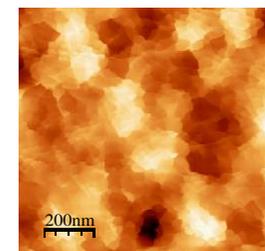
1.5 h



2.5 h



3 h



4 h

CdS, 32 °C, con burbujeo de argón



Figura 2. Imágenes de la superficie del CdS obtenidas por fuerza atómica para las diferentes condiciones de temperatura y de burbujeo de argón.

1.1 Propiedades ópticas (gap de energía)

Una de las propiedades ópticas importantes en la preparación de las películas semiconductoras de CdS es el gap de energía (E_g). Esta propiedad define la capacidad del semiconductor para actuar como filtro óptico (absorbedor) en el rango de energía deseable. Dado que el CdS es un semiconductor de gap directo de energía, haremos uso de la relación de Tauc [12] para determinar su valor. Para ello, usaremos la relación $\alpha^2=A(E_g-h\nu)$, donde A es una constante, α es la absorbancia, h es la constante de Planck y ν es la frecuencia de la luz incidente.

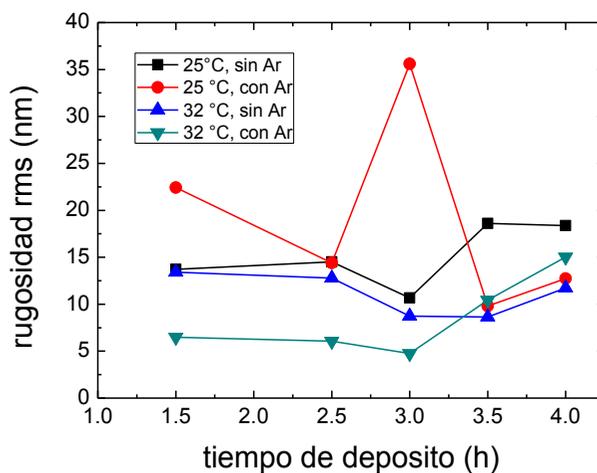


Figura 3. Valor rms de la rugosidad superficial obtenida de las imágenes de AFM.

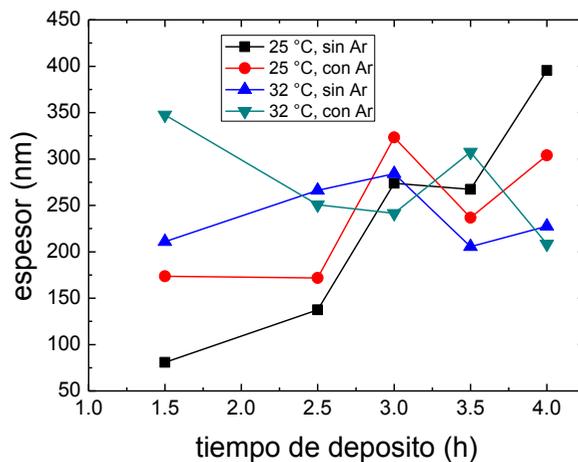


Figura 4. Valores del espesor medido por perfilometría para las diferentes condiciones de preparación del CdS por baño químico

Así, el gap de energía del material se obtiene de la línea recta que se ajusta en el borde de absorción cuando $\alpha=0$.

La Figura 5 muestra las gráficas de α^2 vs energía ($h\nu$) de dos juegos de muestras depositadas (2 baños): uno correspondiente a 25 °C sin burbujeo de Ar, y el otro a 32 °C con burbujeo de Ar. La flecha señala el valor del gap de energía correspondiente para la muestra de 4 h de depósito. Para el primer caso (Figura 5a), la muestra depositada a 1.5 h, es muy delgada y da una señal de absorción muy pobre, lo que dificulta la determinación del valor del gap de energía. Las demás muestras muestran un borde de absorción más definido, el cual arroja un valor promedio de $E_g=2.40$ eV. Para el segundo grupo de muestras (Figura 5b), se obtiene una mejor formación del borde de absorción con un valor promedio de $E_g=2.48$ eV y una menor variación en su valor. Comparando estos dos baños, se observa una mejor calidad óptica en la absorción de las muestras de 32 °C cuando se deposita con burbujeo de Ar.

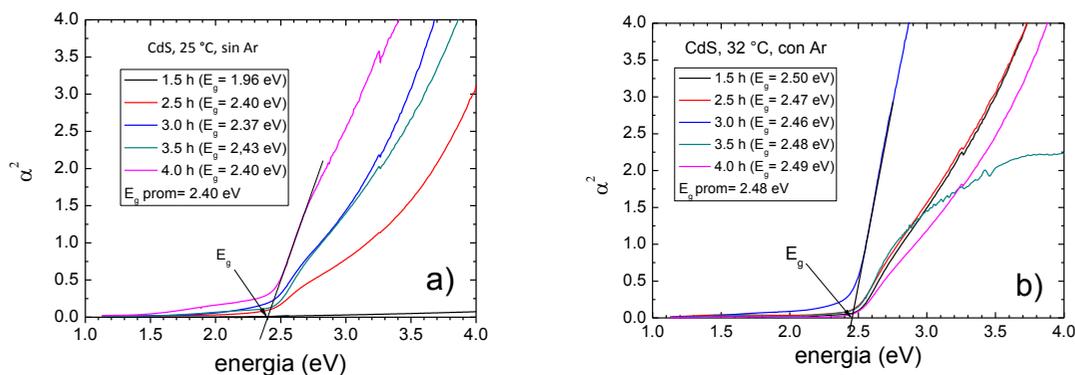


Figura 5. Bordos de absorción y gaps de energía obtenidos por espectrofotometría para las



películas de CdS depositadas: a) 25 °C sin burbujeo de Ar; y b) 32 °C con burbujeo de Ar.

La Figura 6 es un resumen de los valores medidos del gap de energía de las películas de CdS depositadas con las dos temperaturas de preparación y con el efecto del burbujeo del gas argón durante el depósito. De nueva cuenta, exceptuando la película depositada con un tiempo de 1.5 h, y 25 °C sin argón, todas las demás oscilan con un valor de gap de energía en un rango entre 2.35 y 2.5 eV. Este rango de valores incluye el valor del gap de energía de 2.42 eV reportado para el CdS. Este valor se muestra graficada con fines de referencia como una línea horizontal sólida en la Figura 6. Las películas de CdS depositadas a 32 °C con burbujeo de argón, presentan una mínima variación entre sí del gap de energía con el tiempo de depósito y son consideradas las mejores películas desde el punto de vista óptico y morfológico.

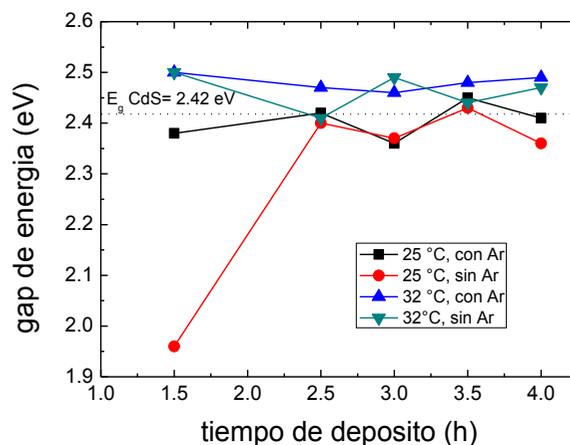


Figura 6. Valores del gap de energía medidos en las películas de CdS para las diferentes condiciones de temperatura y flujo de argón.

Un experimento interesante para el depósito de películas de CdS a temperatura ambiente es el de realizar el depósito a la intemperie, teniendo como fuente de calentamiento, el Sol. Este experimento fue realizado el día 22 de febrero de 2013 entre las 10 am y las 2 pm a una temperatura promedio de 31 °C (máxima de 38 °C) y sin flujo de argón. Las curvas de absorción medidas en las películas depositadas se muestran en la Figura 7. En este experimento, la temperatura del baño no fue controlado y osciló entre 34 y 38 °C durante el tiempo de depósito.

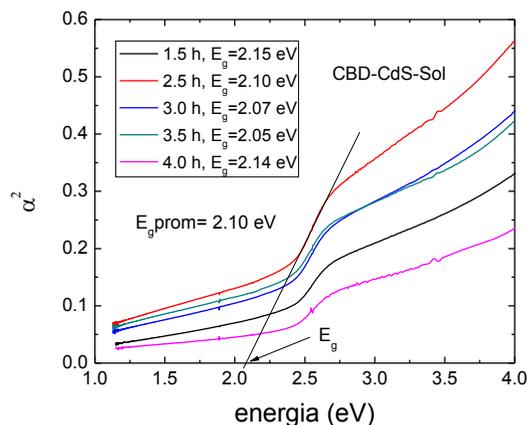


Figura 7. Curvas de α^2 vs energía correspondientes a las muestras de CdS preparadas bajo condiciones ambientales de exposición al Sol. Menores valores del gap de energía respecto del gap de energía reportado del CdS fueron obtenidos.

Las películas de CdS obtenidas cuando se depositaron al Sol resultaron más delgadas que las obtenidas en condiciones controladas, en virtud del menor valor de α^2 medido. La película de CdS depositada al Sol durante 2.5 h fue la de mayor espesor. El gap de energía promedio medido en el grupo de películas es de 2.10 eV, un valor inferior al promedio medido para las películas depositadas en condiciones controladas. Por otro lado, el comportamiento de las curvas de absorción medidas es diferente, teniendo una orilla de absorción muy corta en energía, seguida con una menor pendiente constante para valores de energía mayores a 2.7 eV.

CONCLUSIONES

Se prepararon capas delgadas de CdS sobre sustratos de vidrio por la técnica de baño químico a temperaturas ambientes de 25 °C y 32 °C. Los depósitos se realizaron con y sin burbujeo de gas argón. Los resultados indican que la temperatura del baño de 32 °C y el flujo de argón, producen una mejor calidad de las capas según los espesores promedio de 300 nm y valores de gap de energía de 3.8 eV medidos en las muestras. Por primera vez, se reporta la realización de un depósito de CdS usando las condiciones ambientales del Sol, obteniendo valores de gap de energía promedio menores a las de las capas depositadas en condiciones controladas. Este depósito tiene poco control de la temperatura del baño, dado que las condiciones ambientales son aleatorias. El poder conseguir preparar capas delgadas de CdS por baño químico a temperatura ambiente en forma controlada, nos permitiría reducir los costos energéticos del proceso utilizado para su preparación en un proceso industrial.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la M.C. Beatriz Heredia y al Dr. Gerko Oskam, por las facilidades para realizar las mediciones espectrofotométricas.



Referencias

- [1] Gary Hodes. *Chemical solution deposition of semiconductor films*, Ed. Marcel Decker Inc., New York, 2003.
- [2] [N.R. Paudel](#), [K.A. Wieland](#), [A.D. Compaan](#). *Solar Energy Materials and Solar Cells*. **105** 109-112 (2012).
- [3] Manal M. Abdulla, Noor H.Hasan, Hanaa I.Mohammed, Ghuson H.Mohamed, Kadhim A. Al-Hamdani and Ameer F.Abdulameer. *Journal of Electron Devices*. **12** 761-766 (2012).
- [4] Peter Shindov, Rumen Kakanakov, Svetlana Kaneva, Theodora Anastasova. *Journal of Electrical Engineering* **60** (1) 53-55 (2009),.
- [5] J.M. Doña y J. Herrero. *Journal of Electrochemical Society*. 144 (1997) 4081-4091.
- [6] M.D. Archbold, D.P. Halliday, K. Durose, T.P.A. Hase, D.S. Boyle, S. Mazzamuto, N. Romeo, A. Bosio. *Thin Solid Films* **515** 2954-2957 (2007).
- [7] F. Gode. *Physica B*. **406** 1653–1659 (2011).
- [8] G.Z. Wang, Y.W. Wang, W. Chen, C.H. Liang, G.H. Li, L.D. Zhang. *Materials Letters* **48** 269-272 (2001).
- [9] W. Wang, I. Germanenko, M. S. El-Shall. *Chemical Materials* **14** 3028-3033 (2002).
- [10] K.M. Garadkar, A. A. Patil, P.V. Korake, P. P. Hankare. *Archives of Applied Science Research* **2** (5) 429-437 (2010).
- [11] A.L. Barabási, H.E. Stanley. *Fractal concepts in surface growth*. Cambridge University Press, Great Britain, 1995.
- [12] J. Tauc, *Amorphous & Liquid Semiconductors*, Plenum Press, New York, 1974.



DETERMINACIÓN DE SENSOR DE NIVEL PARA UTILIZAR EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE ACEITE RESIDUAL.

Hector j. Pinto avila, freddy ix andrade, daniela claros bustamante,
José r. Atoche enseñat, carlos lujan ramirez, margarita álvarez cervera.

Instituto tecnológico de mérida

Av. Tecnológico km. 4.5 s/n c.p. 97118, tel:(999) 964-5000, 964-5001 fax:(999) 944-8181

Hjpintoavila@gmail.com, freddy.ix.andrade@gmail.com, dany.claros@gmail.com,

jratoche@gmail.com, clujan@itmerida.mx, malvarez@conieem.com.mx

Resumen

En la presente publicación se estudian las características y factores que intervienen en el proceso de medir aceite residual automotriz dentro de un contenedor de 208 litros, para la búsqueda e implementación del hardware (sensor) adecuado para resolver el funcionamiento en dicho medio, esto se realizó mediante la comparación de tecnologías y sensores de diferentes modelos y diseños analizando su modo de funcionamiento y desempeño. Partiendo del respectivo análisis se llega a la conclusión y recomendación de cual es el mejor sensor para la aplicación a partir del desempeño, así como también el aspecto económico; se ofrece una solución para el acoplamiento del sensor que en este caso, por defecto, no viene con la adecuación necesaria. Al final se proponen posibles mejoras a un sistema con las características que presenta el sistema visto en este artículo.

Abstract

This publication explores the characteristics and factors involved in the process of measuring waste motor oil into a container of 208 liters, the search and implementation of the hardware (sensor) suitable for solving the operation in that environment, it was by comparing sensor technologies and different models and designs, analyzing its operation mode and performance. Based upon the respective analysis a conclusion and recommendation of the best sensor for the application is obtained also based on the performance, as well as the economic aspect, a solution is offered to the coupling the sensor that, in this case, by default does not comes with the necessary adjustment. In the closure are suggested possible improvements to the system with features seen in this article.

Introducción

El proceso de reciclaje de aceite requiere, para ser mas eficiente la implementación de dispositivos que puedan dar alerta del estado de llenado de tanques de almacenamiento de aceite residual. Una parte muy importante de este proceso es el censado del nivel de contenido de los tanques de almacenamiento mas comúnmente utilizados, por lo que es necesario determinar el mejor sensor a utilizar dadas las condiciones en las que estos depósitos se encuentran, su uso, sus medidas y siempre teniendo en cuenta el costo de dicho sensor.



Los contenedores de almacenamiento de aceite automotriz residual son los tanques de 208 litros que originalmente se usaron para transportar el lubricante nuevo para la industria automotriz, de material metálico ferromagnético, su altura aproximada es de 58cm de diámetro y 88cm de altura, tienen un par de aperturas, la principal por la cual comúnmente se introduce el aceite y un respiradero de menor diámetro, el cuerpo del tanque tiene refuerzos a manera de costillas premodelados en la lamina.



Ilustración 6: Diagrama de posición tentativa del sensor.

Las condiciones en las que suelen encontrarse los tanques es a la intemperie, protegidos del sol y lluvia directos pero no de ruidos eléctricos y electrónicos propios de los talleres automotrices. El dispositivo puede llegar a tener contacto con aceites, grasas y otros hidrocarburos, puede ser sometido a vibraciones, golpes y movimientos, el tambor puede ser usado como soporte de herramientas o cualquier otro instrumento o cuerpo.

Análisis

Para continuar con el análisis es necesario considerar las condiciones en las cuales se requiere que el dispositivo funcione así como los requerimientos de medición a ser efectuada. El dispositivo debe medir el nivel de aceite usado que se confina dentro de un contenedor estándar de 208 litros. Las condiciones de operación del sensor dentro de la aplicación son las siguientes:

- Temperaturas atmosféricas elevadas
- Densidad del líquido en el contenedor variante
- Posible ruido electromagnético elevado
- Posibles fuentes de corrosión



Los requerimientos de operación son los siguientes:

- Evitar en lo posible el contacto con el medio a medir
- Resistir posibles fuentes de ruido eléctrico y electrónico
- Medir el nivel de aceite desde el fondo del contenedor con un margen de error mínimo
- Poder integrarse fácilmente al cuerpo del contenedor
- Optimización por costo
- Posibilidad de uso en otro tipo de contenedores
- Resistencia a las condiciones de uso
- Corto tiempo de implementación

De acuerdo a los anteriores requerimiento se procede a evaluar los métodos de medición de nivel que los autores consideraron pertinentes para ser usados en la aplicación.

Tecnologías de medición de nivel.

Medición de nivel mediante presión.

Para averiguar el nivel, en este caso, se mide la presión en el fondo del depósito de almacenaje. Se necesita eliminar de la medición la presión atmosférica, solamente es viable en el caso de almacenar líquidos de densidad conocida. Se utiliza una sonda que debe ir al fondo del contenedor por lo cual es un método intrusivo de medición de nivel. La ventaja que ofrece este método es su bajo costo y que la parte intrusiva puede llegar a ser pasiva, es decir, no tener circuitos electrónicos(1).

Medición de nivel mediante campo capacitivo.

Se mide la capacitancia entre una sonda y el medio o entre una sonda susceptible de deformación por presión y el medio. Es necesario el ensamblaje de una sonda en específico y las pruebas pertinentes. Una vez realizado el proceso de evaluación el costo del sistema podría disminuir notablemente al requerir solamente de la fabricación del transductor. Si el medio tiene una constante dieléctrica variable es necesario un sensor secundario para compensar el cambio midiendo el valor de dicha constante(2). No es posible su uso en otro tipo de contenedores pues el proceso de diseño del sensor debe repetirse e cada caso.

Medición de nivel mediante transductores mecánicos.

La mayoría intrusivos, requieren piezas mecánicas resistentes al medio. Debido a su naturaleza son susceptibles de atascamientos. Muchas veces se ve limitado el rango de medición de nivel. Su uso dentro de un sistema electrónico es posible mediante el uso de transductores de posición mecánica, es decir no son la solución definitiva del problema sino una adecuación mecánica de la magnitud a ser medida para su posterior evaluación mediante otros dispositivos(3). El costo del sistema puede ser muy variable.



Medición de peso.

Al medir el peso de un recipiente con un contenido, cuya densidad sea conocida previamente, se puede averiguar el nivel en el que se encuentra dicho contenido. Se debe ubicar en la superficie inferior o superior del contenedor y debe sostener la totalidad de la carga del contenedor más la de su contenido. Solamente puede ser usado efectivamente si la densidad del contenido del tanque es conocido. No es intrusivo pero requiere no manipular de ninguna forma el contenedor durante su uso y no agregar peso al mismo(4). No es posible su uso en otros contenedores que superen el rango de la celda de carga.

Medición ultrasónica de nivel.

Utilizando ondas sonoras es posible determinar la distancia de los objetos mediante el retraso en el eco(5). Es necesario que el elemento a medir no absorba las ondas sonoras. No es intrusivo. Su costo es de bajo. Es posible su uso en diversos contenedores.

Medición de nivel por radar y admitancia de RF.

Se estima el tiempo desde la emisión de una onda hasta la recepción del “eco” de la misma, midiendo la admitancia de radiofrecuencia se puede medir hidrocarburos. Es uno de los métodos más precisos para el monitoreo de niveles, pero su costo es muy elevado[bahner1]. La complejidad de diseño igualmente es elevada debido a las propiedades de las señales de radiofrecuencia implicadas en este tipo de medición(6).

Detección de nivel por láser.

En esta solución se puede proceder de dos formas, la detección directa del reflejo del haz de luz producido por el láser o usar un sistema de foto-multiplicación mucho mas complejo, en ambos casos se requiere el uso de un emisor láser y la medición del tiempo de “vuelo” del haz de luz. Se tienen que evaluar muchas posibles implicaciones del uso de un láser directamente sobre un potencial combustible como es el aceite usado(7). El costo de este método de medición es muy elevado. Su uso en otros contenedores es posible.

Con la finalidad de comparar de una manera mas efectiva la tecnología del sensor a utilizar se formuló la siguiente tabla que muestra las características pertinentes a esta aplicación.



	Presión	Capacitancia	Mecánica	Peso	Ultrasónica	Radar y Admitancia	Láser
Intrusivo	Si	Si	Si	No	No	No	No
Inmunidad al ruido	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Tipo de medición (+)	Completo Continuo	Completo Continuo	Completo Continuo	Completo Continuo	Completo Pulsado	Completo Pulsado	Completo Pulsado
Fácilmente integrable (++)	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
Escalabilidad (++)	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Alta
Resistencia a condiciones (++)	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
Costo (8)	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Alto	Alto
Tiempo de implementación (++)	Corto	Medio	Medio	Medio	Corto	Largo	Largo

Tabla 4: Comparativa de tecnologías de medición de nivel

+El tipo de medición se refiere a la condición de medir desde un contenedor vacío hasta uno lleno así como la obtención de una medición continua o interrumpida(pulsada).

++la evaluación de las características de cada tipo de tecnología se realizó de acuerdo a la minimización en el uso de equipo de laboratorio, recursos externos de diseño y personal estimado para el diseño.

Conclusiones

Cada tecnología de medición se revisó para su uso en el sistema y se tratará de manera individual a continuación:

Medición de nivel mediante presión.

Este tipo de medición es intrusivo, una característica no deseada en el sistema, a pesar de sus características favorables, también tiene una baja escalabilidad pues deberá ser adaptado y recalibrado cuando se use en tanques no estándar.

Medición de nivel mediante campo capacitivo.

Es intrusivo y su escalabilidad es baja pues requiere rediseñar el sensor para cada tanque en el que se use, los costos son mas elevados que el anterior tipo de sensor y el tiempo de



implementación es mayor al requerir experimentos en condiciones reales de operación durante el diseño.

Medición de nivel mediante transductores mecánicos.

Este tipo de dispositivos debido a su naturaleza mecánica no son fácilmente escalables, son intrusivos y su tiempo de implementación es mas largo que el sensor de presión.

Medición de peso.

No es fácilmente integrable en el sistema, debido a las condiciones de uso normal de un contenedor de aceite en un taller mecánico puede llegar a dar lecturas erróneas si el tanque es usado para sostener, aunque sea momentáneamente, el peso de algún objeto.

Medición ultrasónica de nivel.

El principal punto en contra de esta tecnología es el modo pulsado en el que trabaja, sin embargo y debido a la naturaleza de la medición, no es precisa la toma continua del nivel del lubricante.

Medición de nivel por radar y admitancia de RF.

Esta tecnología es muy cara pues los componentes de radiofrecuencia tienen un costo mas elevado, son necesarias pruebas de interferencia electromagnética y su tiempo de implementación es largo respecto a otros métodos de medición.

Detección de nivel por láser.

La ventaja de este sistema es que la distancia a medir puede ser desde unos cuantos centímetros hasta kilómetros, esto debido a la naturaleza del láser, sin embargo el costo es el más alto de todos y su tiempo de implementación es largo.

Ahora que se tiene una visión de todas las ventajas y desventajas de cada tecnología de medición y de acuerdo al análisis que anteriormente fue realizado se sugiere el uso de un sensor ultrasónico pues tiene el mejor balance de cualidades buscadas para esta aplicación en específico.

Para acoplar el sensor sugerido al tanque es necesaria la fabricación de una pieza que ajuste el sensor al orificio del tanque de almacenamiento. Se sugiere, para reducir el tamaño del sensor, diseñar un sensor propio que se pueda introducir o ajustar al respiradero del tanque de almacenamiento de aceite residual sin que este ultimo pierda su función.

Referencias

(1)(2)(5)(6)(7) martin bahner, a practical overview of level measurement technologies, drexelbrook engineering company.

(3) n. Asyiddinl, level measurement
http://piyushpanchal2007.mynetworksolutions.com/images/2._level.pdf

(4) <http://iamechatronics.com/notes/general-engineering/325-weight>

(8) consulta de precios en sitios web: <http://www.alibaba.com/>, <http://www.ebay.com/>,
<http://mexico.newark.com/>, <http://mx.mouser.com/>, <http://www.digikey.com/>



DISEÑO TÉCNICO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR DE BATERIA POLIMERO DE LITIO PARA LEGO NTX 9841

Humberto J. Centurión Cardeña¹, Julio Naviat Uc¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Motul,

Carretera Mérida-Motul, Tablaje Catastral 383 C.P. 97430

humberto.centurion@tecmotul.org, julio_naviat@outlook.com

01 991 915 1632/33

Palabras clave: Diseño, Cargador, Batería, Lego.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la elaboración de un cargador para el lego NTX 9841 estudiando las características de la batería de polímero de litio nativa. Este trabajo busca subsanar una necesidad institucional, la adquisición de conocimientos en el área de la robótica y por supuesto poner en práctica los aprendizajes en el área de electrónica ya que se describirá paso a paso el proceso de ingeniería inversa. El estudio se llevará a cabo analizando todos los parámetros de un cargador de Lego específico y el comportamiento de la batería en el transcurso de su carga y descarga, así como el tiempo que requiere para cargar la máxima capacidad de la batería. Uno de los puntos importantes a recalcar es que una vez que se finalice el diseño e implementación del cargador, se comparará el desempeño del cargador creado con el que proporciona la empresa y se podrá observar gráficamente su comportamiento.

1 INTRODUCCIÓN

El mundo de la tecnología que hoy en día ocupa una gran cantidad de actividades cotidianas desde hablar por teléfono celular, escuchar música en un reproductor portátil, utilizar una cámara digital, trabajar en un laptop, etc., requiere de tomar en cuenta un importante factor, la batería asociado a todos esos aparatos.

Debe tomarse en cuenta que para recargar una batería, es necesario suministrarle una corriente eléctrica con una intensidad diez veces menor a su capacidad durante un tiempo determinado. Sin embargo, si se desea que además de cargarla se mantenga en óptimo estado y obtener mejores prestaciones se debe utilizar un buen cargador de baterías. Las baterías, a diferencias de las pilas alcalinas, están fabricadas con elementos que tienen la capacidad de volver a su estado inicial si se someten a una cierta carga de corriente [5].

Los kits de la empresa LEGO-Mindstorms ofrecen una forma fácil y sencilla de aprender robótica y construir un robot propio, sin embargo existen detalles técnicos a considerar al momento de tocar el tema de las baterías. Dichos equipos cuentan con baterías de polímero de litio, con un buen desempeño que soporta apropiadamente las actividades de aprendizaje, ya que no importa cuál



sea el proyecto, el tiempo dedicado a las actividades de prueba y verificación del funcionamiento puede consumir una gran cantidad de tiempo y requiere de una batería de alta duración.

En general al buscar y seleccionar una batería se presta atención a ciertas características como son el que sean ligeras, de gran capacidad de carga y recargables. En el caso del Lego Mindstorms al adquirir un kit 9841, es decir la versión comercial, no se incluye la batería recargable y tampoco el cargador correspondiente, en este sentido es probable que al adquirir dicho producto las primeras veces de uso se empleen pilas alcalinas que no resultan ni económicas, ni ecológicas.

Otra opción para usar el equipo es el obtener la batería recargable oficial de NXT hecha de polímero de litio diseñada para su uso con el bloque NXT 9841 con una capacidad de 1400 mAh y un tiempo estimado de recarga de 4 a 5 horas, pero que requiere el cargador correspondiente que proporciona a su salida 9 v (CA).

El elevado precio de estos cargadores es un problema que impacta no sólo a los usuarios particulares sino también a las instituciones educativas que adquieren más de un kit para impartir clases y que por lo general tienen 10 o más kits enfocando su proceso de compra en el equipo más que en los cargadores. Esta situación ocasiona atraso de tiempo ya que se cargan las pilas una por una en intervalos de tiempo reducidos, llegando al extremo de que solo un robot tenga carga y los demás estén en espera de ser cargados.

2 MARCO REFERENCIAL

El trabajo precursor con baterías de litio comenzó en 1912 pero fue hasta principios de la década del 70 que las primeras baterías no recargables de litio se volvieron aprovechables comercialmente. Los intentos por desarrollar baterías de litio recargables continuaron durante los años ochenta, pero fallaron debido a problemas de seguridad, pese a algunas limitaciones, las baterías de Li-Ion continúan teniendo la mejora más importante.

Por muchos años la batería de Níquel fue la única disponible para dispositivos portátiles como los utilizados en comunicación inalámbrica. En 1990 surgieron las de NiMH y las de Li-Ion, ofreciendo mayores capacidades. La batería de Li-Ion es de bajo mantenimiento, una ventaja que ningún otro químico puede ofrecer [3]. No hay efecto memoria y no se requieren ciclos de mantenimientos para prolongar la vida de la batería. Las baterías de Li-Ion son mucho más eficientes que las basadas en Níquel, por lo que no requieren una carga inicial prolongada. De hecho, ninguna batería Li-Ion actual requiere cargas superiores a 8 horas, independientemente de las circunstancias.

Si se habla de su vida útil, cada vez se introducen nuevas mejoras en la tecnología por lo que pueden durar entre 500 a 1000 ciclos de carga y descarga, lo que se traduce en un promedio de dos a tres años (luego se produce desgaste químico). En cuanto a la duración de una carga, esta dependerá de las características de cada batería y dispositivo.

Finalmente, existen algunos cargadores de baterías comerciales que detectan el momento de carga máxima, pues en ese punto se observa un pico en el voltaje (aumenta hasta un máximo y luego disminuye) interrumpiendo en ese momento el proceso de carga de la batería.



2.1 Batería

Existen varias fuentes de energía que producen electricidad transformando una forma de energía en otra. Las fuentes de energía son las encargadas de suministrar corriente eléctrica a la carga, por lo que siempre fluye una corriente eléctrica de la fuente a la carga. Cualquier carga funcionará tan eficientemente como se lo permita la fuente de energía ya que si esta no proporciona la cantidad de voltaje y corriente que la carga necesite, la carga mostrará una eficiencia menor o simplemente no funcionará. Las fuentes de energía más comunes son: la batería, el termopar, la celda fotovoltaica y el generador. Todas estas suministran un voltaje y una corriente, pero cada una de ellas transforma una forma de energía en otra. La batería, transforma la energía química; el termopar, la obtiene de la energía calorífica; la celda fotovoltaica, la energía lumínica; el generador, la energía magnética. En la actualidad no se conceptúa un mundo sin baterías, ya que son la fuente de energía más importante de la actualidad, debido a que tiene la ventaja de producir energía por sí sola, ventaja que no posee ninguna otra fuente de energía ya que estas antes de producir energía primero tienen que ser excitadas por alguna energía externa, por ejemplo energía mecánicas, térmicas, luz etc. En cambio la batería, transforma la energía química almacenada dentro de ella misma.

En la actualidad las baterías están presentes en todo momento, ya que se usan como fuente de energía portátil; por ejemplo, teléfonos celulares, laptops, linternas, reproductores multimedia, radios portátiles, en el sistema eléctrico de los automóviles, relojes de pulso, así como en juguetes, trenes, barcos, etc., de hecho casi todos los aspectos de la vida están relacionados de alguna forma con las baterías ya que son la fuente de energía más versátil en la actualidad.

Las baterías se clasifican en primarias y secundarias esto, debido a la manera en que transforman la energía química a energía eléctrica [4]. Las baterías primarias toman los materiales químicos que se ubican dentro de ellas para transformar directamente en energía eléctrica. Las baterías secundarias primeramente deben ser cargadas con energía eléctrica, antes de que ellas puedan transformar energía química en energía eléctrica. A las baterías secundarias se les llama también por el nombre de acumulador, ya que almacena la energía que se le suministra. En el caso de las pilas ordinarias o mejor conocidas como AA y AAA, son casos de baterías primarias del tipo denominado pila seca. Por otro lado la batería de un automóvil está internamente conformada por varias celdas húmedas interconectadas, y este es un caso de baterías secundarias o acumuladoras.

Las baterías también pueden clasificarse en secas y húmedas, las baterías húmedas son llamadas así ya que en sus celdas se utilizan sustancias químicas en estado líquido, mientras que en las baterías secas contienen una pasta química [4]. La celda es la unidad de la batería, una batería consta de el arreglo interno de varias celdas, para así poder entregar a su salida un mayor voltaje y corriente de lo que pueden entregar una sola celda. A menudo se le suele llamar a una celda pila por lo que el arreglo de varias pilas interconectadas conforma una batería. La batería primaria se suele usar cuando se requiere una cantidad limitada de corriente, estas baterías primarias o por lo menos las más comunes son de celdas secas. En el caso de las baterías secundarias se suelen usar cuando se requiere de una corriente intensa, las baterías secundarias por lo general son de celdas húmedas.



2.2 Lego

Una forma mas sencilla de aprender robótica es usando los kits de la empresa Lego Mindstorms ya que dicha empresa comercializa robots para educación por lo que no necesitamos de soldar ninguna pieza, atornillar, pegar o construir alguna parte, Lego Mindstorms es una plataforma para el diseño y desarrollo de robots, cuya ideología característica de la compañía LEGO es armar y construir uniendo bloques interconectables.

El bloque central es un microcontrolador, que tiene forma de ladrillo también llamado brick, adoptando las características de la empresa. La conexión de sensores y servo motores es muy sencilla, por simple presión en cualquiera de las puertas de entrada o salida, dependiendo el caso particular al cual nos enfoquemos y en cualquier posición. El kit de lego trae una cantidad grande de piezas de múltiples formas y tamaños, lo que permite dejar volar la imaginación y usar el ingenio para construir diversas estructuras, usando los bloques. Mediante una PC o bien una laptop, se realiza la programación del ladrillo, usando un software que la empresa provee al comprar el kit, la programación igual es a base de bloques lo que hace mas sencillo su entendimiento.

La compañía lego maneja dos kits enfocados a la parte de la educación los modelos NXT 9841 y NXT 9693, ambos modelos son muy parecidos solo cambian las estructuras que se pueden realizar con ellos ya que las estructuras que trae el modelo 9841 no se pueden realizar con el modelo mas reciente y este trae estructuras nuevas que sólo este modelo puede realizar. El modelo 9841 es el primer kit educativo que salió de venta en el mercado, tanto como el primero a la venta como el segundo, ninguno trae consigo la batería de polímero de litio, en el caso de el 9841 la batería que le corresponde es la de polímero de litio que ofrece 1400 mAh y en el caso de la batería que usa el blog 9693 es de 2100 mAh. Dichas baterías resultan ser muy costosas y sólo la compañía las vende, al igual que los cargadores que se utilizan para cargar dichas baterías ninguno de los dos kits los trae como parte de las piezas.

En conclusión, el optar por comprar un kit de la empresa Lego que es ya un robot prefabricado en vez de construir un robot desde cero tiene sus ventajas, pero también sus desventajas.

2.2.1 Ventajas

Las principales ventajas de los Legos se pueden englobar en la facilidad de montaje, se trata de tecnología ampliamente utilizada, cuenta con varios niveles de programación, se pueden agregar piezas fácilmente y las edades en las que puede usarse son muy amplias.

-Fácil de montar y desmontar, esto implica no tener que hacer ninguna junta con soldadura, tornillos o algún pegamento. Las piezas son fáciles de armar encajando unas con otras, al igual es muy sencillo de desmontar en cuestión de minutos.

-La empresa Lego es muy conocida en todo el mundo, lo que permite encontrar un gran número de negocios que distribuyen los kits así como complementos, e igual se pueden encontrar una gran cantidad de información, ideas y consejos por Internet, diseños, soluciones, participar en foros, competencias.

-El nivel de programación no es una limitante para los que se quieren iniciar en el mundo de la programación de robots tiene múltiples posibilidades y lenguajes de programación, desde el nivel



más básico e intuitivo, como el Robolab, uso de lenguajes conocidos como C o Java, utilización de Linux, la empresa al comprarle el kit trae pequeños tutoriales de como empezar a programar, al igual de modelos propuestos por la empresa.

-Tiene la posibilidad de crecer el kit ya que se venden por separado ampliaciones usando el mismo blog que originalmente compramos.

-Mecánica como electrónica son fáciles de explicar con la ayuda de estos kits por lo que no se limita a niños si no que sirven para impartir clases a todos niveles incluyendo universidades.

2.2.2 Desventajas

Entre sus principales desventajas se puede contar que: las piezas están diseñadas para encajar de una única manera entre ellas, no contempla modelos redondos, el diseño para la colocación de las baterías siempre resulta el más eficiente y el precio resulta un tanto elevado.

-La principal desventaja es que las piezas son de bloques y solo están hechas para encajar con determinadas piezas. Están hechas de tal modo que estas piezas entran a presión y son piezas de plástico que con el tiempo se quedan resacas por las misma presión se rompen por fatiga. También hay que tener mucho cuidado de no se caiga o las piezas de soporte se pueden romper o fisurar lo que provoca que las fuerzas de tensión o compresión ya no sean iguales quitándoles estabilidad al modelo armado.

-No existen piezas redondeadas por lo que no se pueden hacer estructuras redondas.

-Colocación de las baterías. Tanto en el NXT cómo en el RCX de LEGO, necesitan 6 pilas AA por ladrillo y por este motivo los modelos se hacen de tal manera que no obstruyan el acceso a las pilas ya que es muy incomodo que en medio de una practica salga el mensaje de batería por lo que se procede a cambiar las pilas obligando a desarmar parte del robot o casi todo.

-los legos son muy livianos por lo que hay modelos que necesitan que se les agregue peso extra para poder mantenerlos estables

-Precio. Obviamente, comprar un robot "prefabricado", resulta más caro que construirte tu propio robot.

2.3 Caracterización de un cargador Lego NXT 9841

Como se ha mencionado los kits de LEGO-Mindstorms, ofrecen una forma fácil y sencilla de aprender robótica y construir tu propio robot. Sin embargo, como cualquier otro proyecto electrónico, se requiere del uso de determinadas baterías, y debido a su naturaleza se espera que dichas baterías sean: ligeras, de gran capacidad de carga y recargables. En este caso, puesto que no incluye la batería recargable ni el transformador correspondiente al adquirir el producto, es posible que las primeras veces se termine utilizando pilas alcalinas, lo que no resulta ni económico ni ecológico.

Las pilas recargables de Níquel-Cd o Níquel-MH proporcionan un total de 1.2 v, las pilas alcalinas un 1.5 v y hay que tener en cuenta que son un total de 6 piezas por ladrillo ya sea que nuestra elección sea Ni-MH/Ni-Cd que por 6 de ellas proporciona 7.2 o la alcalina que usando 6 tendremos 9.0 v surge otro inconveniente que debido a esa diferencia de voltaje, la potencia de los servomotores se verá disminuida lo que llevará al despliegado del mensaje de batería baja con



más frecuencia. Por otro lado hay que hacer una inversión para obtener un cargador de pilas recargables, generalmente dichos cargadores pueden recargar grupos de 4 pilas, teniendo que tomar en cuenta el efecto de memoria claro, esto es más frecuente en pilas de Ni-Cd. Pero aquí no terminan los problemas, finalmente y quizá el punto más importante e inconveniente: muchos de los proyectos que elaboren impiden sustraer de una forma sencilla las pilas del ladrillo, lo más lamentable y probable es que se termine desbaratando medio robot sólo para poder reemplazarlas.

Otra solución es obtener la batería recargable oficial de NXT, dicha batería es de polímero de litio diseñada para su uso con el bloque NXT 9841 que es en el que nos enfocaremos. Como alternativa de las baterías de AA cuenta con una capacidad de 1400 mAh y un tiempo estimado de recarga de 4 a 5 hrs. Si se opta por esta solución, también se debe de comprar el cargador correspondiente que proporciona a su salida 9 v (CA)

La principal ventaja de esta opción es que una vez cargada la pila reporta a su salida un total de 8.5 v, sin la molestia de estar desmontándola del brick y al tratarse de una batería de polímero de litio por consiguiente el efecto memoria se desprecia.

En cuanto a sus desventajas, la batería incrementa levemente el tamaño del NXT en un centímetro y en consecuencia algunos modelos no podrán ser armados o por lo menos no como se indican en los manuales y finalmente lo de más importancia el precio es muy elevado y como son dos artículos los que hay que adquirir incrementan el precio exponencialmente.

En la Tabla V se pueden observar los resultados de las mediciones que se realizaron a las principales marcas de pilas que se encontraron disponibles en el laboratorio del Instituto, y al observar el tiempo de vida útil obtenido, se puede ver una gran variación de los datos, desde 5 minutos (la que menos duró) hasta una hora y 54 minutos (la que más duró). Este efecto tiene que ver con la vida útil de las baterías, el tiempo de uso y la forma de carga, por lo que en caso de que se deseara poner en práctica todos los kits disponibles, el número de pilas requeridas para garantizar un óptimo funcionamiento crece exponencialmente.

Tabla I

Marca	Sustancia Química	mAh que provee	Voltaje	x seis unidades	Tiempo útil montado al lego
Steren	Ni-Mh	2500 mAh	1.2 v	7.2 v	54 min
Duracell	Ni-Mh	2450 mAh	1.2 v	7.2 v	5 min
Ultralast green	Ni-Mh	2400 mAh	1.25 v	7.5 v	1 hr y 4 min
Sony	Ni-Mh	5000 mAh	1.2 v	7.2 v	6 min

Tabla V. Tiempo útil de pilas recargables usadas en el Lego.

Esta prueba se llevó a cabo verificando que la carga fuera suministrada por el cargador apropiado para este tipo de pila (Ni-Mh), y ya teniendo su carga máxima se tomaron mediciones con un



multímetro comprobando que a su salida reportará la carga completa. Después se procedió a montarlas en el brick del lego, para luego hacerlo funcionar hasta que se quedará sin carga, midiendo los tiempos de cada tipo de pila.

Como se mencionó anteriormente este estudio se enfoca a estudiar el cargador original de la batería del Lego NXT 9841. Haciendo un estudio de ingeniería inversa, el cargador original trabaja con una entrada de 120 vca y a su salida 9 vca a una frecuencia de 60 Htz y a su salida conserva esa misma frecuencia. Hacia la batería se conecta por medio de plugs, en la parte de la salida del cargador le corresponde el plug macho mientras que en la parte de la batería se ubica el plug hembra. Como se había mencionado lo que se le suministra al artículo a cargar es corriente, en la batería tiene dos Leds uno verde y uno rojo, que sirven para indicar cuando la batería a alcanzado la carga máxima por lo que enciende el led de color verde, de lo contrario si el que se encuentra iluminado es el led de color rojo nos indica que la batería a un esta baja. A continuación se procede a realizar algunas pruebas para determinar que conforma el cargador de modo que podemos hacer un artículo parecido.

3 PROCEDIMIENTO

En este apartado se describen los pasos que se siguieron para determinar las características técnicas deseables del diseño del cargador. Primeramente se trabajó con los valores del voltaje realizando mediciones a la salida del cargador original sin carga y conectando la batería para su medición durante el proceso de carga. También se realizaron mediciones de corriente durante el proceso de carga de la batería obteniendo el comportamiento de la misma.

3.1.-Medición de voltaje sin carga

La prueba número uno consistió en medir con ayuda de un osciloscopio la salida del cargador pero sin meter la carga a la batería por lo que puede apreciar la forma de onda pura. El osciloscopio tiene la capacidad de capturar la pantalla por lo que todas las imágenes son obtenidas directamente de él, conectando la punta de prueba del osciloscopio a la salida del cargador formando una conexión en paralelo.

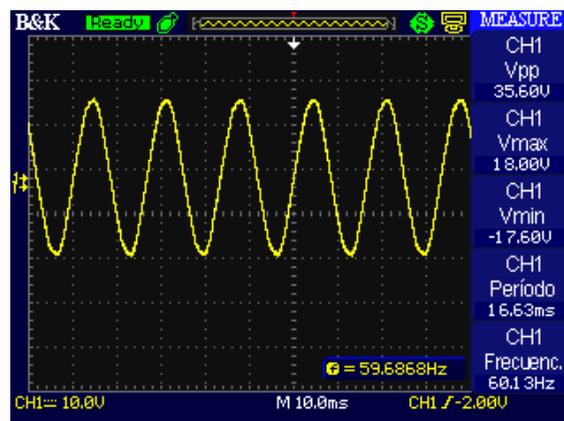


Figura 5.- Medición libre sin que este subministrando carga.



Las lecturas que se observan en la Figura 1, en la salida del cargador, son de una onda senoidal., con 10 v por división en el osciloscopio lo que nos da una lectura de 35.60 Vpp y una frecuencia de 59.68 Hz.

3.2 Prueba de voltaje cargando la batería

En la prueba dos se usaron conexiones realizadas con los plugs de tal modo que se suministra carga a la batería al mismo tiempo de realizar la medición con el objetivo de ver cuánto voltaje disminuye al suministrarle la carga, ya que debe de haber una diferencia de voltaje cuando no se suministra carga a cuando sí se le suministra. Al llevar a cabo esta medición la batería se encuentra totalmente sin carga.

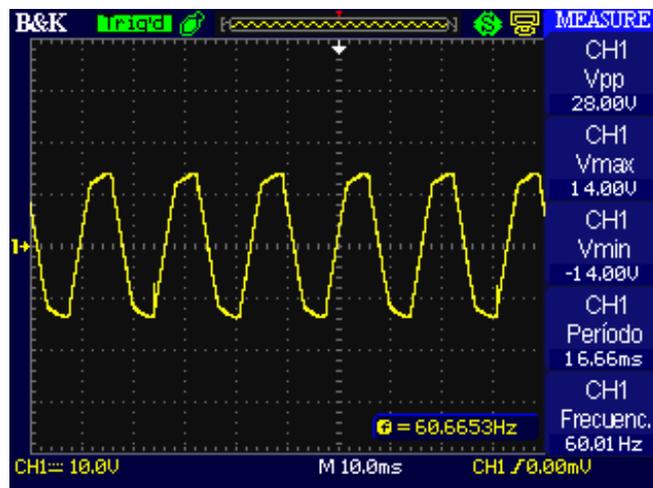


Figura 6.- Medición cuando se encuentra subministrando carga (Batería sin carga)

Como se puede apreciar en la Figura 6, efectivamente hay una diferencia de voltaje respecto a la medición pasada, pues esta vez el voltaje obtenido fue de 28 Vpp, la frecuencia es de 60.6 Hz y seguimos a 10 v por división. Al trabajar el cargador subministrándole carga a la batería hay una diferencia de 7.60 v con respecto a la primera lectura.

3.4. Prueba de voltaje a carga plena

En la prueba tres se usaron la conexión realizada con los plugs, siempre conectado el osciloscopio en paralelo a la salida y subministrándole carga a la batería la única diferencia con la lectura anterior es que esta lectura se realizó cuando la batería tiene la carga llena.

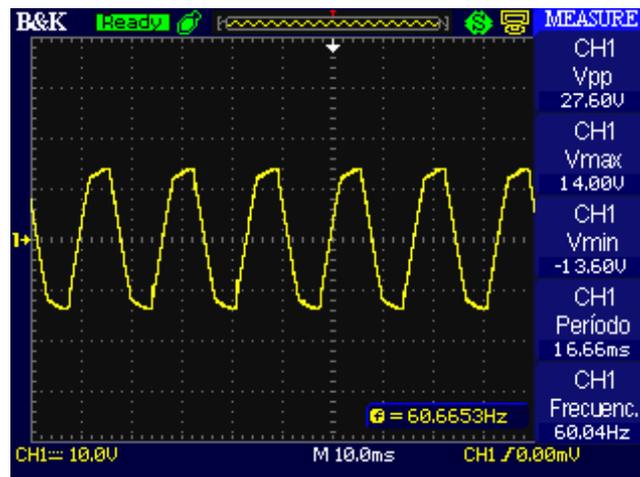


Figura 7. Medición cuando se encuentra suministrando carga (Batería con carga completa)

Como se puede apreciar en la Figura 7, no hay diferencia significativa cuando se está vacía y cargándose a cuando ésta presenta una carga completa, por lo que se puede decir que el voltaje permanece constante durante el transcurso de carga.

3.5. Pruebas de corriente

En la prueba cuatro ya no se usó el osciloscopio, en su lugar se utilizó el multímetro para obtener lecturas de la corriente, el punto inicial de partida es cuando la batería esta sin carga, se tomaron lecturas cada 10 min hasta el punto en el que la batería alcanzó su carga completa. El objetivo de esta prueba es comprobar que la corriente si varía en el momento de suministrar carga a la batería, conectando el multímetro en serie a la salida del cargador.

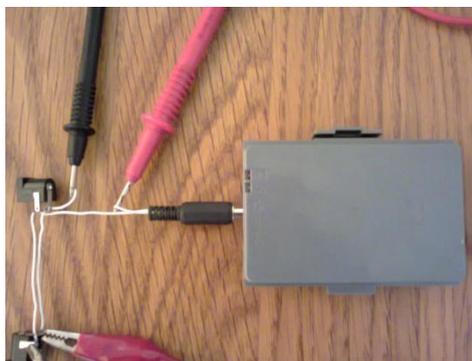
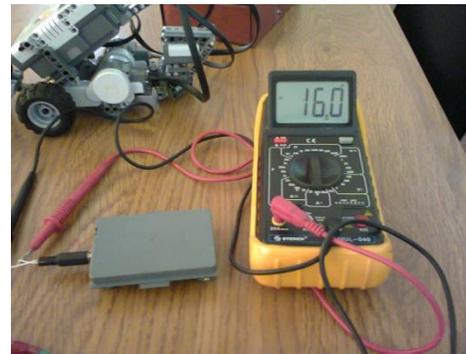
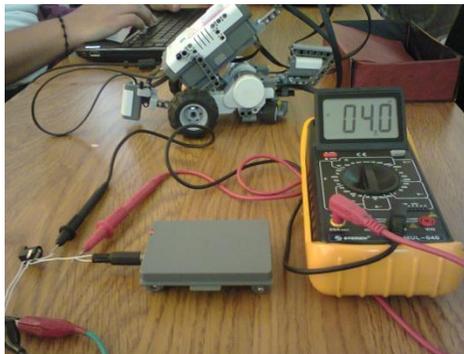


Figura 8. conexión serie para lecturas de corriente



Como se puede observar en la Figura 5 la corriente si cambia durante el transcurso de tiempo en el que a la batería se le aplica carga. Cuando la carga alcanza 16 mA en la batería se ilumina el led de color verde indicando que la batería está completamente cargada.



(a)

(b)

Figura 9. Lectura de corriente (a) Inicial y (b) final

En la Figura 6 se puede observar el valor de la corriente través del tiempo y como la carga de la pila va en aumento

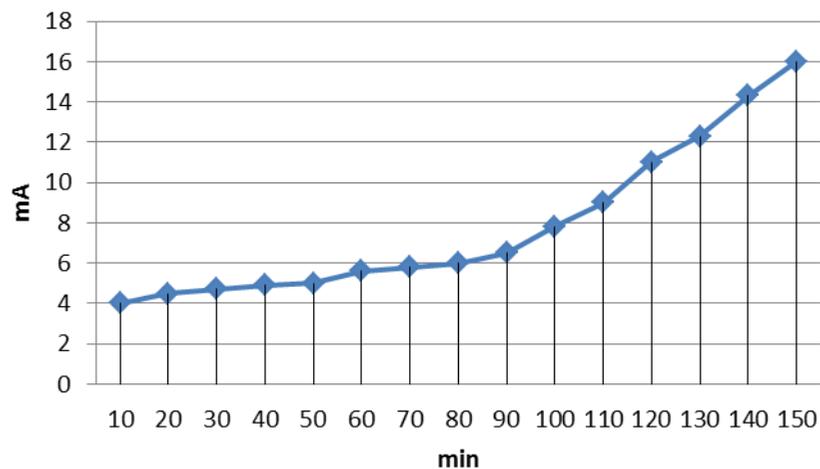


Figura 10. Lectura de corriente en intervalos de 10 minutos.

4. Propuesta para hacer el cargador

Con base en las pruebas anteriores se puede determinar las características del cargador original por lo que ya se puede proponer un circuito similar. Los criterios que se usaron para el diseño fueron los siguientes.



1.- En la prueba de voltaje sin carga se puede observar que la frecuencia no cambia siempre son 60 Hz, por lo que el cargador no modifica la frecuencia, ya que la entra es la que sale.

2.-En el osciloscopio se puede apreciar que la salida del cargador entrega una onda senoidal perfecta, es decir, que el circuito que tiene adentro de el no modifica la forma de onda por lo que entra senoidal y sale senoidal. Otro factor es que en la carcasa del cargador afirma que la salida entrega 10.8 Vac pero este voltaje es el que el cargador reporta a su salida cuando este suministrándole carga, sin esta carga reporta a su salida 14.8 Vca. Todas las demás pruebas fueron de rendimiento, pero siguieron demostrando que no hay nada extraño en el comportamiento del cargador, por con lo que el transformador es suficiente, sólo que antes de entregar su salida esta onda senoidal pasa por un pequeño sistema de filtrado, por lo que a su salida se conectó 2 capacitores cerámicos.

4.- Una vez desarrollado el circuito se puede realizar la última prueba que consiste en la comparación de los valores del cargador original con los valores arrojados por el propuesto.

5. Pruebas comparativas del cargador original y del diseñado

En esta prueba se comprobó que el cargador que se obtuvo del diseño en contraste con el cargador original de la compañía Lego son similares. La comprobación se llevó acabo usando el osciloscopio y usando los 2 canales para que se aprecien las 2 ondas sinusoidales.

Como se aprecia en la Figura 11 hay similitudes en ambos cargadores en el canal 1 se ubica el cargador original de la compañía lego y en el canal 2 se ubica el cargador que se diseñó con base en las características identificadas en las pruebas, ambos cargadores se encuentran suministrando carga a una batería de lego, la diferencia entre ambas señales es de 3.2 v.

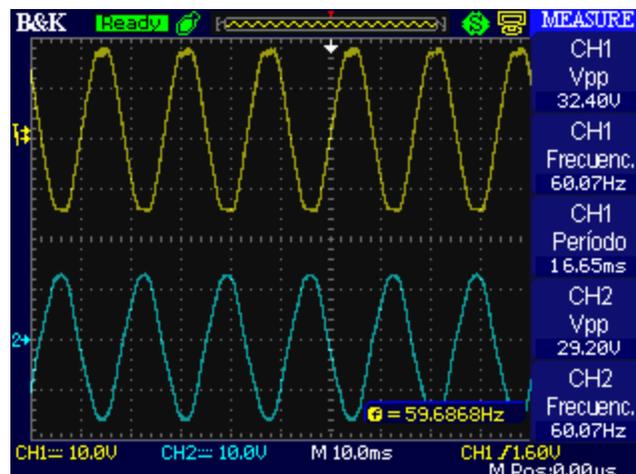


Figura 11. comparación de cargadores

6. Conclusiones y Trabajo a futuro

Con el uso de la tecnología se puede innovar, crear o satisfacer alguna necesidad, en este documento se puede apreciar como una necesidad al parecer pequeña representa un reto en el área de electrónica. El desarrollar este proyecto permitió no sólo ganar conocimientos nuevos,



sino también a través de la investigación se pusieron en práctica habilidades y destrezas propias del área.

Se comprobó que en el caso de los cargadores lo que suministran a la carga (batería), es la corriente, mientras que el voltaje se mantiene constante. Lo que hay que tener en cuenta son los mAh de los cargadores ya que son estos los que determinarán que tan rápido cargará la batería o si podrá suministrar la carga cuando el aparato este en funcionamiento, de no soportarlo basta con mantener apagado el aparato hasta que este complete su carga al máximo.

Como parte del trabajo de diseño de los equipos que usen baterías recargables, es necesario definir el circuito de carga necesario. Para ello hay que conocer cuáles son las características del proceso de carga de las baterías y los principales circuitos integrados comerciales controladores de este proceso disponibles en el mercado.

Se espera que este modelo se mejore, añadiéndole circuitos que lo complementen como lo son displays que muestren la corriente, o circuitos que abran y cierren cuando este cargada la batería completamente. Las posibilidades de mejoras dichos circuitos son amplias y aplicables una gran cantidad de baterías disponibles en el mercado.

Referencias

1. H. Mileaf, Electricidad, (Ed. Limusa, México), 950, (2005).
2. E. Díaz, I. Esperabe, R. Fernández, D. Gualda, J. Manzano, J. Mateos, Introducción al diseño de microrobots Móviles (Universidad de Alcalá), 174, (2006).
3. Saucedo, J. Diseño de un cargador de batería li-ion para obtener la máxima potencia de un panel solar. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (2009).
4. R. Fowler. Electricidad: Principios y aplicaciones. Reverté, 59 – 61, (1987).
5. G. Lasso. Construcción de un equipo portátil de audio para el centro cristiano herencia escogida (Escuela Politécnica Nacional de Quito), 30, (2006).



ELECTROCARDIOGRAFO PARA SISTEMA ANDROID

Maestro en Mecatrónica Osvaldo José Torres Matos, Ing. Ayrton Estrella Alcocer

Instituto Tecnológico de Mérida

osvaldo_torres2000@yahoo.com a.estrella296@gmail.com

RESUMEN

Sistema de monitoreo electrocardiográfico visualizable en un dispositivo ANDROID, utilizando como sistema de adquisición analógica un modulo ARDUINO, el cual también funciona como dispositivo de control maestro para todas las funciones del dispositivo. Se cuenta también con una base de datos con los datos clínicos del paciente; Toda esta información se almacena y se puede transmitir vía Internet. El sistema de adquisición de datos transmite toda la información por medio de una señal BLUETOOTH a un dispositivo ANDROID.

“ELECTROCARDIOGRAPHIC SYSTEM WITH ANDROID”

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar, construir e implementar un electrocardiógrafo que pueda sustituir a los actuales dispositivos por un aparato de bajo costo, confiable, seguro y de fácil mantenimiento, que pueda desplegar sus mediciones en una tableta o celular con sistema ANDROID y que cumpla con todas las normas de funcionamiento y seguridad exigidos para este tipo de instrumental médico.

1.2 JUSTIFICACIONES

Contar con un dispositivo económico de fabricación local, que haga las mismas funciones que un aparato importado de varios miles de dólares. Una justificación adicional, sería que el médico o paramédico podría llevar un control más seguro de los registros de un paciente, de esta manera podría almacenar en el disco duro de su tablet o en cualquier medio de almacenamiento portátil el “EKG” del paciente en lugar de la clásica tira de papel como se hace actualmente en los aparatos disponibles. Ya en la tablet, los registros del paciente se podrían manejar de manera versátil: crear bases de datos completas y estructuradas, comprimir los archivos para un mejor almacenamiento, o transmitir vía internet este cúmulo de información a un centro de salud donde sería intervenido el paciente sin tener que ser trasladado de manera innecesaria



CAPITULO II: DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1 DIAGRAMA A BLOQUES

En la figura 2.1 se puede observar un diagrama a bloques del proyecto, el cual consta básicamente de 7 partes (cada una de las partes será tratada por separado):

- I. Adquisición de las señales biológicas (electrodos).
- II. Sistema de relevadores controlados (direccionados) por placa Arduino.
- III. Amplificación y Filtrado.
- IV. Corrección de nivel.
- V. Optoacoplado de la señal.
- VI. Conversión analógica / digital a través de placa Arduino.
- VII. Despliegue en una Tablet/Celular con ANDROID, base de datos, Internet.

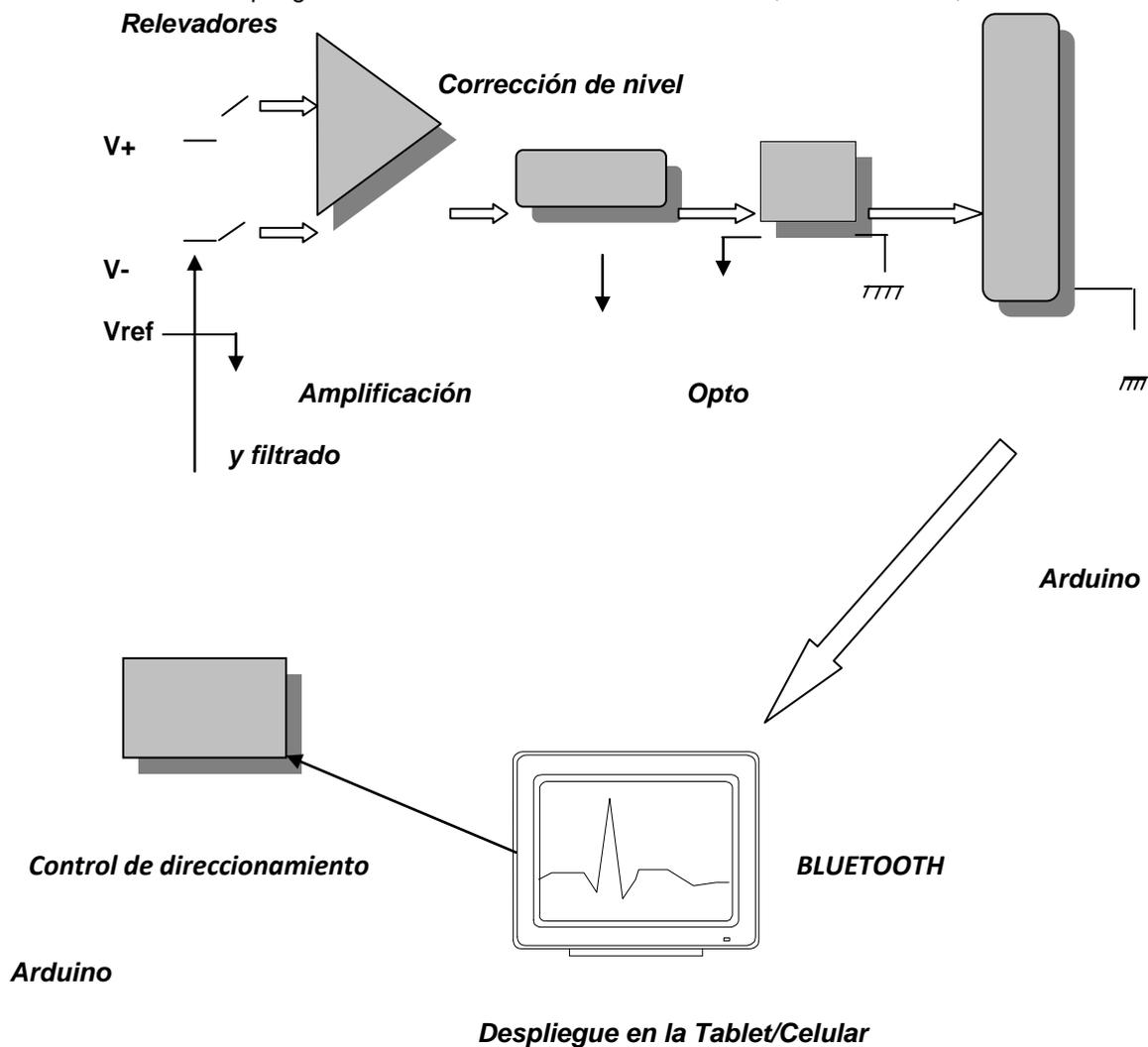


Figura 2.1: Diagrama a bloques del proyecto.



2.2 ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES BIOLÓGICAS

Estas serán sensadas por medio de electrodos especiales (electrodos de placa metálica-plata de 3.5 a 5 cm colocados en las extremidades del tipo ventosa), la colocación de los mismos es como se muestra en la figura 2.2. Cada uno de estos electrodos tiene blindaje coaxial para evitar en lo posible que las líneas sean afectadas por el ruido. Antes de colocar los electrodos se debe limpiar con cuidado el área donde van a ser colocados.

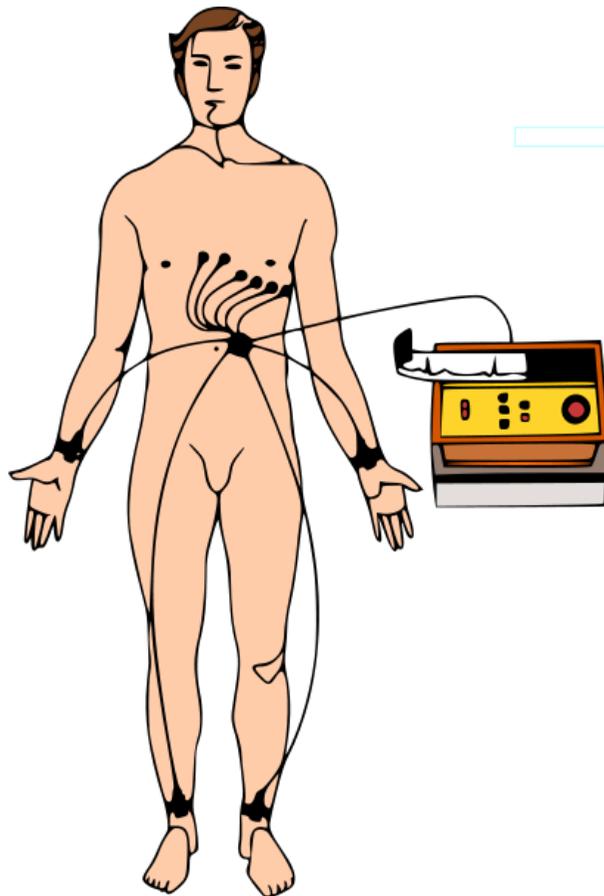


Figura 2.2: Manera de colocar los electrodos en el pecho y en las extremidades.

Como se puede observar, se coloca un electrodo en cada extremidad del tórax y seis alrededor de la caja torácica a la altura del corazón. Es muy importante señalar que el electrodo situado en la pierna derecha nos sirve como “referencia” del amplificador, ya que como vimos en la sección marco teórico un amplificador de este tipo maneja entradas flotadas, y por lo tanto necesitamos un punto de referencia para las mismas; ya que la pierna derecha es el punto más alejado a cualquiera de los demás electrodos y no tiene un uso en las configuraciones de monitoreo la usamos como referencia. Esta “referencia” será la misma en el amplificador, corrección de nivel y la primera parte del opto acoplado.

Es importante señalar que el individuo a estudiar debe guardar una posición cómoda y relajada, evitando sobresaltos, tensiones y/o movimientos bruscos ya que esto afecta significativamente en el registro de la señal EKG.

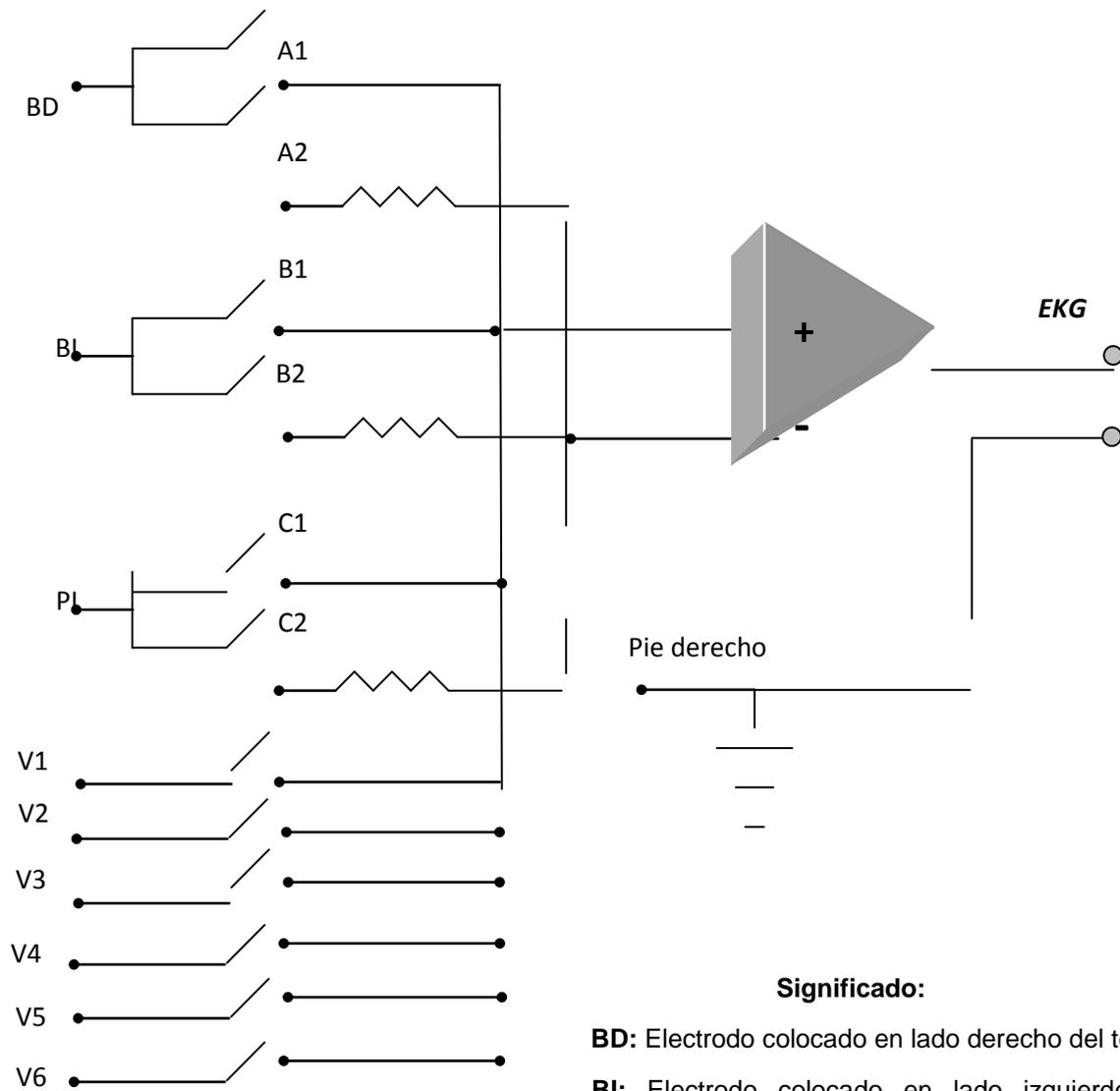


2.3 SISTEMA DE RELEVADORES

Debido a que existen 12 tipos de derivaciones distintas (**DI, DII, DII, AVR, AVF, AVL, V1, V2, V3, V4, V5, Y V6**), tenemos que hacer llegar cada una de esas configuraciones a la entrada del amplificador, por lo tanto usamos una serie de relevadores para que sólo 2 señales pasen al mismo tiempo y lleguen al amplificador. Cabe señalar que la pierna derecha (referencia) siempre va estar conectada a la referencia del amplificador en cualquiera de las configuraciones, esto es, siempre será la “tierra” de esta parte del sistema.

Una vez conectados todos los electrodos al cuerpo cada uno de ellos se encuentra ya sensando una señal cardíaca, se empieza eligiendo los relevadores B_1 y A_2 para que la computadora lea la configuración **DI** como se ve en la figura 2.3, y así sucesivamente se van dando las combinaciones de relevadores para monitorear todas las señales del EKG. En la tabla 1 se puede ver detalladamente el funcionamiento de los relevadores, o más bien la condición para “switcharse”.

Es muy importante mencionar que la elección de cada par de relevadores es vía software, el programa manda “palabras” o bytes a través de la tarjeta Arduino al circuito y estas seleccionan determinado relevador. Esto se muestra en la tabla I .



Significado:

BD: Electrodo colocado en lado derecho del tórax

BI: Electrodo colocado en lado izquierdo del tórax

PI: Electrodo colocado en lado de abajo/izquierda del tórax

PD: Pierna derecha

V1 a V6: Derivaciones precordiales

Figura 2.3: Diagrama de conexión de los 12 relevadores.



Electrodos

Nombre del relevador que debe “prenderse”

BD	BI	PI	deriv	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	A ₂	A ₁	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
-	+	NC	DI	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
-	NC	+	DII	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
NC	-	+	DIII	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	-	-	AVR	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
-	+	-	AVL	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
-	-	+	AVF	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
NC	NC	NC	V1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
NC	NC	NC	V2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
NC	NC	NC	V3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
NC	NC	NC	V4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
NC	NC	NC	V5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
NC	NC	NC	V6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla 1

La tabla anterior muestra las combinaciones de relevadores para dar cada una de las derivaciones, tenemos 12 relevadores (B1, B2, C1, C2, A1, A2, V1, V2, V3, V4, V5 Y V6) los cuales “encendemos” por medio de un nivel lógico “low” (bajo ó 0 digital). Por ejemplo: para direccionar la derivación DI los únicos relevadores que están “encendidos” son B1 y A2, dado que si observamos la figura 2.3 nos damos cuenta que son los electrodos colocados en el brazo izquierdo y derecho respectivamente, que junto con la referencia de la pierna derecha tenemos ya una derivación para graficar, de la misma manera se van direccionando cada una de las configuraciones hasta completar las doce.

2.4 AMPLIFICACIÓN Y FILTRADO

El circuito que usamos para amplificar y filtrar se muestra como una etapa en el circuito general del prototipo. Se trata de un amplificador de instrumentación comercial del tipo **ADJ620J**. Para prevenir la saturación la ganancia se divide en dos: la del amplificador propiamente:

$$\text{Ganancia del amplificador} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_s}{R_G}$$



y la ganancia del filtro por si mismo:

$$\text{Ganancia del filtro} = \frac{R8 + R7}{R7}$$

de modo que tenemos una ganancia de aproximadamente 30 en el amplificador de instrumentación y de aproximadamente 33 en el filtro, lo cual nos da una ganancia total de casi 1000:

$$A_{tot} = (30 \times 33) = 990$$

Si queremos obtener un valor de aprox. 30 en la ganancia, y si tomamos R_s de un valor de $100K\Omega$, según sugerencia de las hojas técnicas del **AD620J**, tenemos que:

$$\text{aprox.}30 = \frac{100K\Omega}{R_G},$$

por lo tanto, despejando el valor de R_G , tenemos que es igual a 3333.33 , que para términos prácticos es un resistor de $3.3 K\Omega$. El amplificador de instrumentación nos proporciona un gran factor de rechazo en modo común, necesario para la eliminación de ruido parásito generado por el medio. Ya que la señal cardiaca presenta componentes de frecuencias dentro de una banda de 0.048Hz - 150Hz , y las oscilaciones de esta señal se comprenden dentro del rango de 30Hz - 90Hz en condiciones de reposo, es posible considerar la amplificación del ruido ya que se encuentra dentro del rango de frecuencias de la señal. Pero esto se previene mediante el empleo del factor CMMR alto.

El filtro tiene una banda de paso que va de 0.05Hz a 150Hz aprox. Los amplificadores usados para el filtro se toman de un solo chip: el TL084, que es un paquete de 4 amplificadores tipo JFET con muy bajo ruido interno y una alta impedancia de entrada, excelente para esta aplicación (Se muestra su hoja técnica en el apéndice B). Se puede ver un sencillo diagrama del TL084 en la figura 3.4.

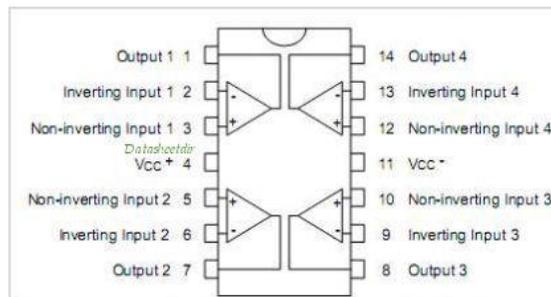


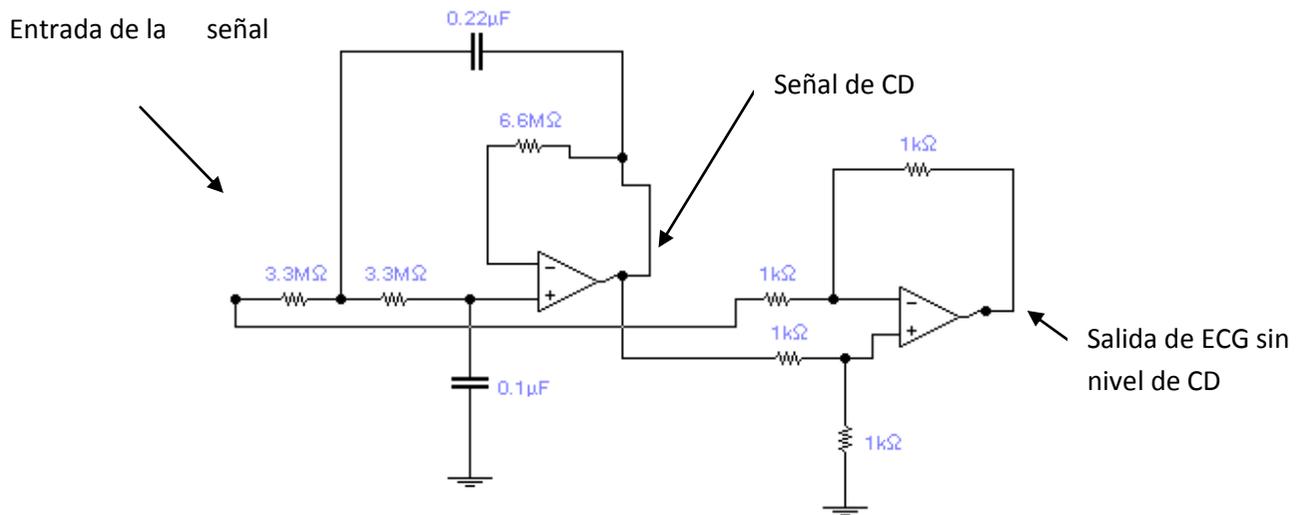
Figura 2.4: Amplificador cuádruple del tipo JFET TL084, con bajo ruido interno.



2.5 CORRECCIÓN DE NIVEL

Esta etapa del proyecto no estaba planeada originalmente, ni siquiera se contemplaba la necesidad de ella. Pero al realizar las primeras mediciones con el electrocardiógrafo ya funcionando nos encontramos con que la señal era muy inestable, ya que subía y bajaba a cualquier movimiento del individuo, al aumentar el tiempo de monitoreo, o incluso cuando se emitía algún sonido. Esta situación era preocupante ya que es casi imposible que la persona se mantenga en un estado de reposo absoluto.

Filtro pasa bajos



El problema aquí era eliminar este desbalanceo o desviación de la señal, electrónicamente llamado “offset”.

Figura 2.5a: Circuito corrector de nivel “offset”

La solución fue sencilla e ingeniosa: a la salida del amplificador se dividió la señal EKG en dos caminos, una fue enviada a un filtro pasabajos y la otra a un circuito restador. La señal que se enviaba al FPB daba como resultado a la salida del filtro una señal de cd variante que es realmente el offset de la señal EKG, este offset se le resta a la señal original de EKG y a la salida de toda esta etapa tenemos una señal EKG a la cual se le ha restado “su propio offset”, y no importa que tanto sea el offset de la señal EKG puesto que siempre se le restará a ella misma. Cabe mencionar también que el tiempo de respuesta es sumamente rápido y apenas si es perceptible cuando hay un desbalanceo en el sistema. En la figura 2.5b se puede ver un diagrama a bloques de la manera de corregir este problema y en la figura 2.5a vemos el circuito real que se usó.

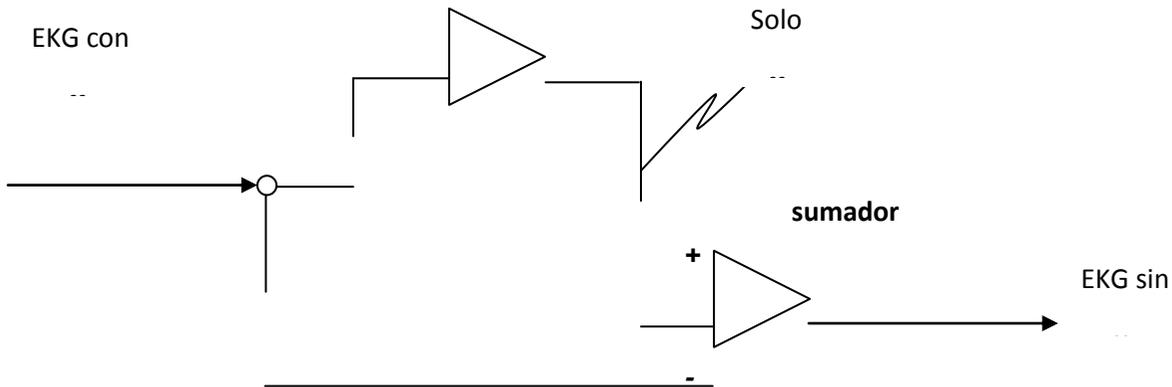


Figura 2.5b: Diagrama a bloques de circuito corrector de nivel "offset"

2.6 OPTOACOPLADO

El optoacoplado se realiza con un optoacoplador como el mostrado en la figura 2.15, este es un 4N35, lo escogimos por su tamaño reducido y fácil adquisición. Además sus características lo hacen adecuado para optoacoplar la señal analógica de salida del filtro debido a que la luz que incide sobre la juntura PN (base-colector) de polarización inversa genera una corriente de base que es amplificada debido a la ganancia de corriente (β) del fototransistor.

El aislamiento de una señal de ac con una gran linealidad es relativamente fácil. Un circuito como el mostrado en la figura 3.6 con una fuente de corriente constante (10mA de dc) circulando a través del diodo del 4N35 y un divisor de voltaje en la base del transistor hace que la intensidad de la luz del diodo varíe con relación a la señal de entrada (EKG), produciendo un voltaje de ac proporcional en la base del fototransistor a la corriente del diodo. El transistor está polarizado como un emisor seguidor.

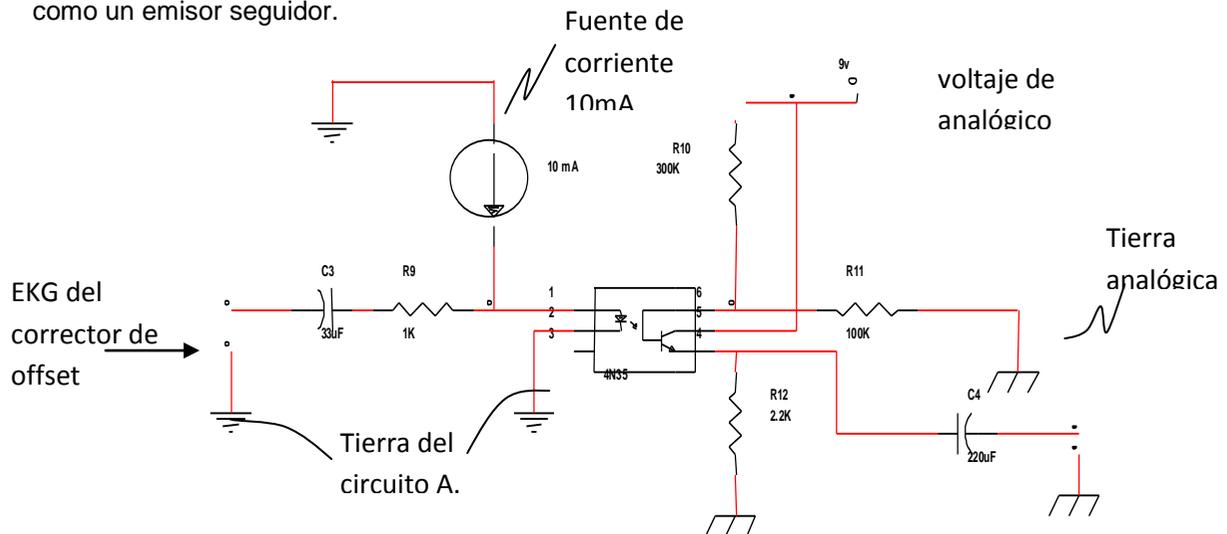


Figura 2.6: Acoplamiento de la señal de ECG.



2.7 CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL (ADC)

Después de que la señal ha sido amplificada y filtrada, tenemos una cómoda señal de aproximadamente 2v de amplitud y libre de ruido, esta señal se hace pasar por un optoacoplador y entra a un convertidor del tipo analógico-digital, en nuestro caso uno de los 6 que incluye la placa ARDUINO. Hay disponibles ADC más rápidos y algunos con mayor resolución que 8 bits, pero este convertidor incluido en el ARDUINO es ideal para muchas aplicaciones que no requieren un alto grado de exactitud. El ADC requiere hasta 100 microsegundos para convertir una entrada analógica de voltaje a una salida en código digital. El ADC lee el valor de un determinado pin definido como entrada analógica con una resolución de 10 bits. Esta instrucción sólo funciona en los pines (0-5). El rango de valor que podemos leer oscila de 0 a 1023.

```
valor = analogRead(pin); // asigna a valor lo que lee en la entrada 'pin'
```

ARDUINO cuenta con 6 pines análogos identificados del 0 al 5. La lectura análoga se hace por medio de la función **analogRead()**. En caso de ser necesario, estos pines también pueden ser programados como entradas o salidas digitales, identificándolos como los pines 14 al 19 respectivamente.

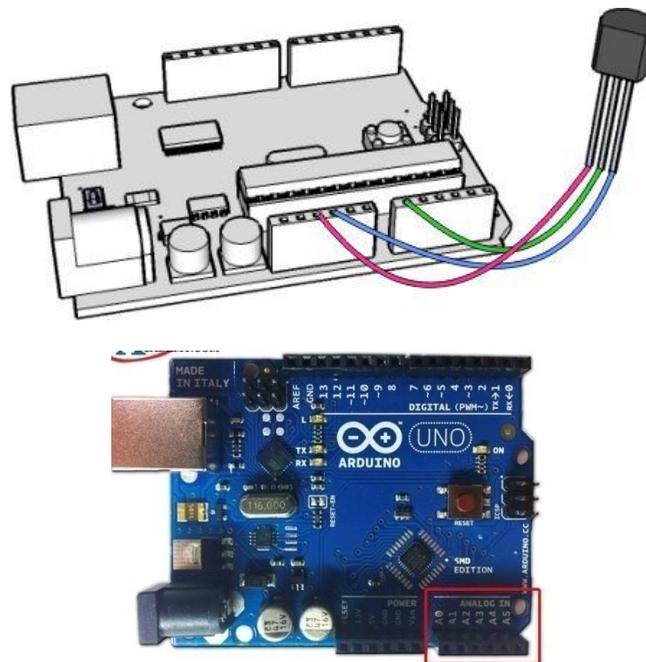


Figura 2.7: Diagrama simplificado del ADC incluido en el ARDUINO. El convertidor tiene dos entradas analógicas, $V_{in (+)}$ y $V_{in (-)}$. Estas entradas están conectadas con un amplificador operacional interno y son entradas diferentes. Las entradas diferenciales se suman en el amplificador operacional para producir una señal para el convertidor analógico/digital interno.



2.8 DESPLIEGUE EN LA TABLET Y SOFTWARE

El programa presenta un ambiente gráfico agradable al usuario. Este cuenta con un sistema de archivos el cual le permite al usuario almacenar los nombres de los pacientes, junto con las características básicas de estos. Además permite mediante la creación de un archivo tipo sistema ANDROID ligado a cada paciente almacenar fragmentos de aproximadamente 30 segundos de las lecturas obtenidas de los pacientes.

2.9 COMPONENTES DEL SOFTWARE

El software esta constituido por cuatro partes básicas:

- I. Comunicación con el dispositivo encargado del muestreo de la señal biológica.
- II. Procesos de manipulación y análisis de señales, entre los que se encuentran:
 - ⇒ Procesos de filtrado
 - ⇒ Amplificación por software.
- III. Procesos de almacenamiento y recuperación de archivos de pacientes.
- IV. Procesos de interfaz con el usuario (Ventanas, botones, Impresión de reportes)

2.10 PROCESO DE MANIPULACIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES

Filtrar y Amplificar la Señal.

Una vez tomadas las lecturas del dispositivo, ya sea que estas estén almacenadas en un archivo de paciente, o solamente se hayan cargado a la memoria, y a pesar de que las lecturas tomadas del dispositivo estén libres de ruido (lo cual depende mucho de que tan buena sea la tierra física de que se disponga) es recomendable someter la señal a un proceso de filtrado y amplificación x software, ya sea solo para visualizarla, o para que sea analizada. Los procesos de filtrado son relativamente sencillos, pues consisten simplemente en obtener la media de un número predeterminado de puntos e igualarlos a esta. Este proceso es realizado por un algoritmo bastante sencillo en base a la programación ANDROID.

Acerca del proceso de amplificación de la señal se tiene algo similar, puesto que para las necesidades de análisis de señales de electrocardiogramas solo se necesita aumentar la amplitud, limitándose a esta única modificación del graficado.

2.11 PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE DATOS

Los procesos de almacenamiento de lecturas son solamente dos, y son llevados a cabo dependiendo de las funciones que se deseen, estas funciones pueden ser:

- ⇒ Tomar una lectura completa de las doce derivaciones de la señal EKG.
- ⇒ Tomar una lectura para monitoreo (señal DII) de cardiopatías.



En el primer caso se almacena una lectura secuencial de las doce derivaciones, dividida en doce lecturas independientes cada una de longitud similar, y en las cuales se encuentra una derivación diferente resultado de la conmutación de los electrodos (vía relays).

En el segundo caso se almacena de manera similar al caso anterior una lectura secuencial de números enteros, pero la diferencia es que dicha lectura no esta dividida en doce partes, sino que todos los números pertenecen a la misma derivación.

Para recuperar algún archivo de paciente deseado, solamente requiere ser seleccionado la base de datos, y el software sabrá si se trata de un archivo de doce derivaciones, o si es un archivo de una sola derivación, y lo visualizará en el entorno adecuado, ya sea un celular o una tableta.

2.12 INTERFAZ CON EL USUARIO

La interfaz con el usuario se basa totalmente en un ambiente gráfico, con el propósito de ofrecer al usuario una mayor facilidad en el manejo del software. Los módulos de interfaz se mencionan a continuación en el orden que aparecen durante el desarrollo del programa.

Pantalla de presentación. En esta pantalla vemos la presentación del software colocado como un icono dentro de las aplicaciones del sistema operativo ANDROID, donde podemos ingresar de lleno al funcionamiento del mismo (pulsando el icono “Ekg”).



Figura 2.8: Sistema ANDROID, icono de inicio.



□ Menú principal.

- ⇒ Conectar la tablet al ARDUINO por medio del Bluetooth
- ⇒ Iniciar electrocardiograma (Start sampling).
- ⇒ Banco de datos (abre archivos EKG previamente grabados).
- ⇒ Opción para salir.

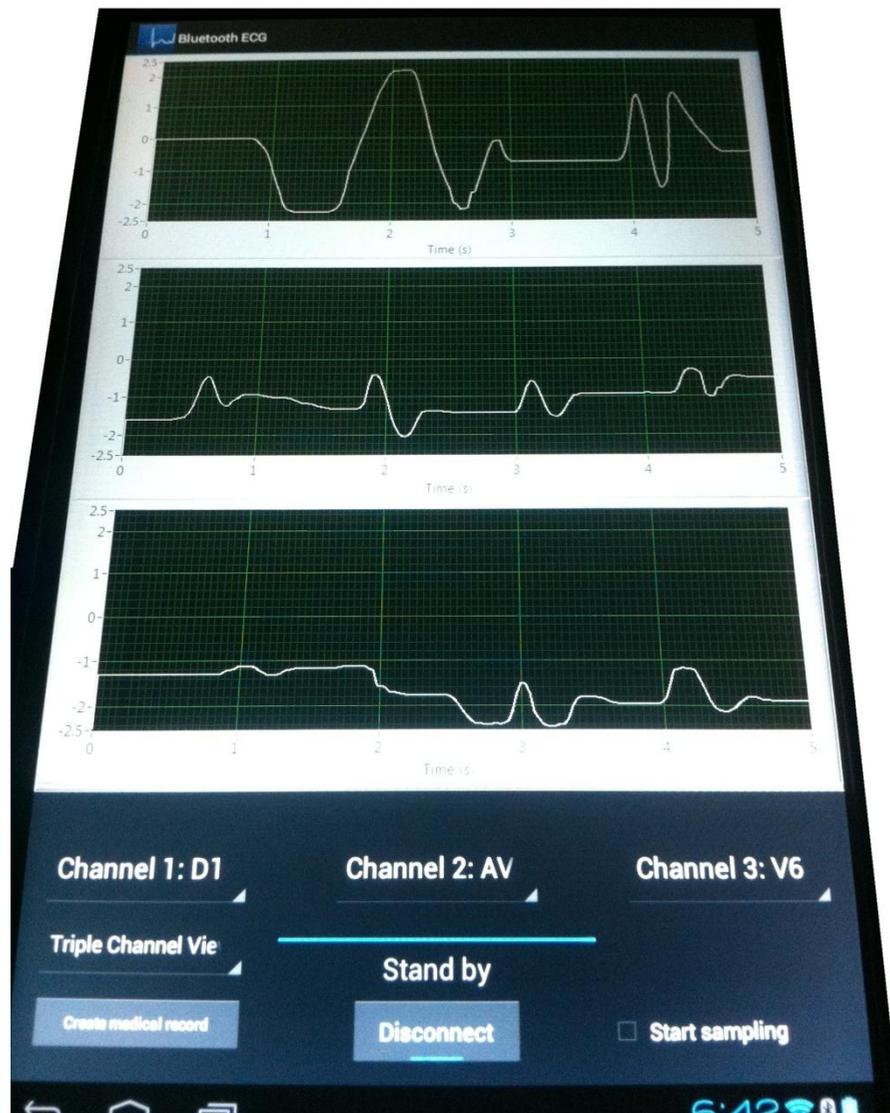


Figura 2.9: También podemos elegir el canal a “muestrear”.



□ Visualización de 2 ó 3 canales EKG

Podemos elegir por medio del software si queremos visualizar 2 o 3 canales:
Si presionamos enter por última vez veremos las 12 señales EKG grabadas.

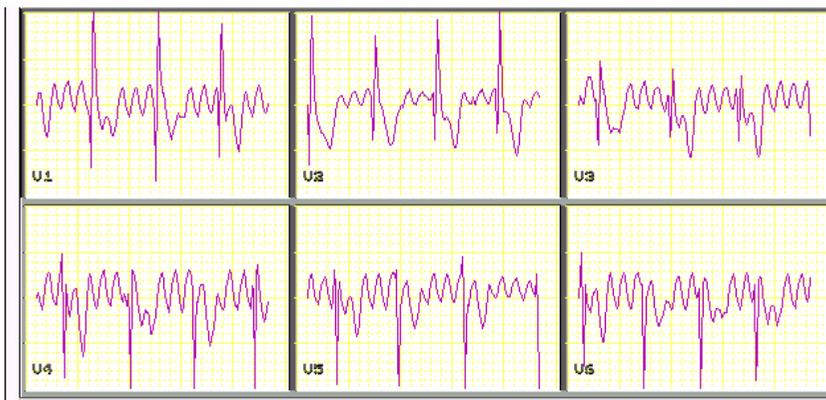
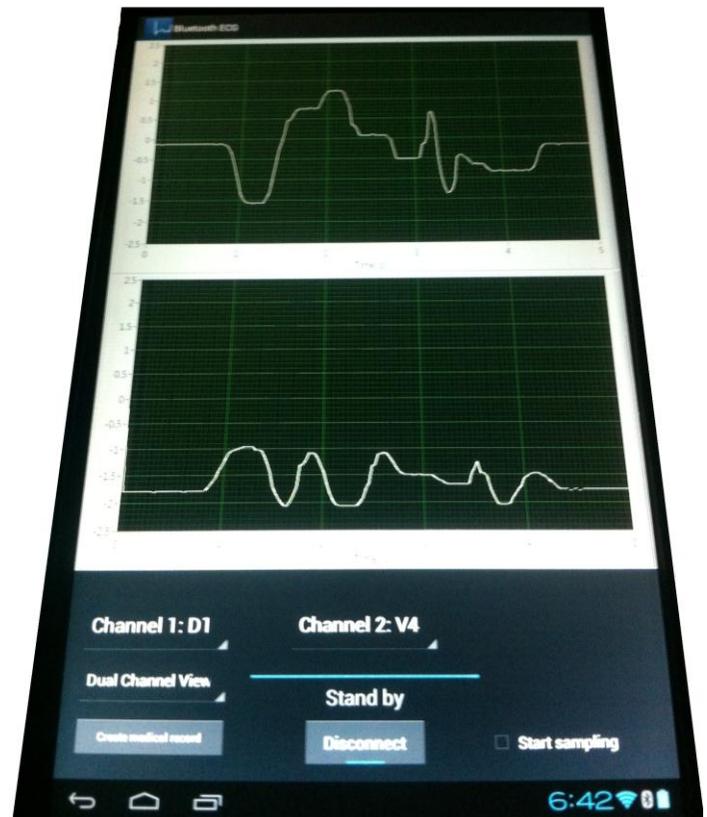


Figura 2.10: Aquí podemos ver 6 canales desplegados (Mediciones reales)



Cabe mencionar que a lo largo de los despliegues de estos menús y pantallas, se encuentran en algunos de ellos la opción de imprimir. El software esta diseñado para mandar a imprimir a una impresora estándar por medio de una conexión Bluetooth.

CAPITULO III: RESULTADOS

Se cumplieron las metas que nos planteamos al inicio del proyecto:

- ✓ Desarrollar un prototipo de un electrocardiógrafo que pueda ser una propuesta segura, confiable y económica para un EKG comercial de precios elevados.
- ✓ Utilizar una "tablet" o dispositivo ANDROID para desplegar las señales de EKG de manera grafica, así como tener una base de datos del paciente.
- ✓ Se aplicaron diversas técnicas y conocimientos adquiridos, tales como: circuitos digitales, circuitos analógicos, sensores, actuadores, programación en tiempo real, amplificadores operacionales, filtros, etc.
- ✓ Utilizar una placa ARDUINO como interfaz entre el prototipo y una PC.
- ✓ Utilizar un modulo BLUETOOTH para la comunicación inalámbrica.

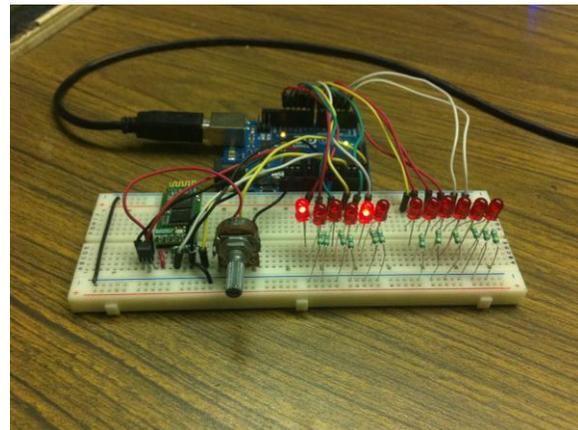
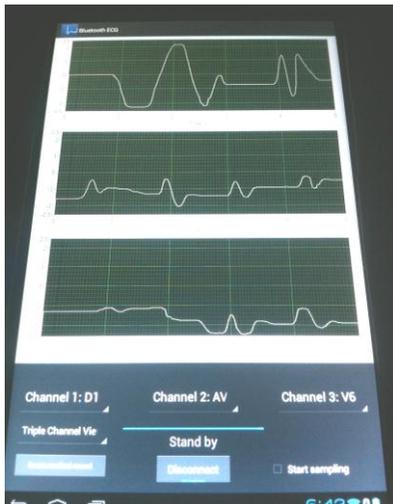
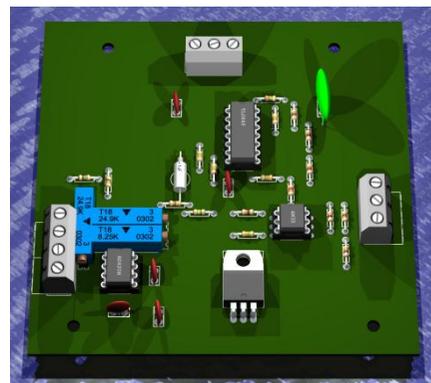


Figura 4.1: Imágenes proyecto final.





CAPITULO IV: CONCLUSIONES

El desarrollo de este prototipo permitió trabajar con casi todas las disciplinas y/o materias del plan de estudios de la Maestría en Mecatrónica impartida en la Universidad Modelo. Se aplicaron diversas técnicas y conocimientos adquiridos, tales como: circuitos digitales, circuitos analógicos, sensores y actuadores, instrumentación electrónica, optoelectrónica, parte de electrónica industrial, arquitectura de computadoras, programación, comunicaciones inalámbricas, y por último lo más importante: ANDROID y ARDUINO.

Es muy importante señalar que se cumplieron las metas que fueron planteadas al principio de este proyecto. En efecto, se construyó e implementó un prototipo práctico y económico que cumpliera con las máximas condiciones de seguridad, exactitud y funcionamiento para este tipo de dispositivos.

Se obtuvieron resultados satisfactorios, se puede comparar la graficación de la señal EKG en la "tablet" con la de algún electrocardiógrafo comercial y se verá que prácticamente no hay ninguna diferencia en cuanto a prestaciones y confiabilidad. Como un dato importante se puede comentar que se contó con asesoría de reconocidos cardiólogos del IMSS y del Instituto de Investigaciones Hideyo Noguchi.

Se realizó el monitoreo de las doce derivaciones típicas en un electrocardiograma clínico, cada una de estas con la exactitud y precisión requeridas. Las pruebas realizadas con el prototipo dieron resultados satisfactorios en cualquiera de los aspectos. Cabe mencionar que hay un retardo al convertir la señal, pasarla a la "tablet" y graficarla, pero al ser este de algunos milisegundos, prácticamente tenemos una señal EKG en tiempo real.

El propósito del desarrollo de este proyecto es meramente didáctico, no obstante esperamos que en un futuro se pudiera contar con el apoyo de alguna institución (ya sea gubernamental, de salud o privada) para poderlo desarrollar con fines verdaderamente prácticos y/o económicos. Es irónico que teniendo la tecnología y los conocimientos necesarios para desarrollar este tipo de tecnologías se tenga que recurrir al extranjero para la adquisición de estos dispositivos.



CAPITULO V: BIBLIOGRAFÍA

Dubin, Dr. Dale (1976). *Electrocardiografía Práctica*. España: Editorial Interamericana,

Stanley, Wolf, Richard, Smith (1992). *Guía para Mediciones Electrónicas*. México: Ediciones PHH Hispanoamericana, S.A.

Coughlin, Robert (1993). *Amplificadores Operacionales y CI's Lineales*. México: Ediciones PHH Hispanoamericana, S.A.,

Boylestad, Robert, Nashelsky, Louis (1994). *Electrónica Teoría de Circuitos*. México: Ediciones PHH Hispanoamericana, S.A.

Autores varios (1982). *Enciclopedia Médica del Hogar*. España: Editorial GROlier

Autores varios (1981). *Enciclopedia de las Ciencias*. México: Editorial CUMBRE, S.A. GROlier.

Fink, Donald G., Christiansen Donald (1992). *Manual de Ingeniería Electrónica*. México: Ediciones McGraw Hill, Interamericana de España S.A .

Carr, Joseph J., Brown, John M. (1996). *Introduction to Biomedical Equipment Technology*. USA: Editorial John Wiley & Sons.

LINEAR AND INTERFACE
INTEGRATED CIRCUITS
MOTOROLA INC. © 1990.
Edition 1995.

NATIONAL OPERATIONAL
AMPLIFIERS DATABOOK
NATIONAL SEMICONDUCTORS
Edition 1995.



GENERACIÓN CONTROLADA Y MEDIDA DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Ricardo Salazar Uitz^a, Víctor Manuel Moo Yam^a, Eduardo Pérez Cruz^b,
José Rubén Lagunas Jiménez^c

Centro de Investigación en Corrosión-UACAM^a, Instituto Tecnológico de Lerma^b,
Facultad de Ingeniería-UACAM^c

CICOR.-Calle Juan de la Barrera S/N x Av. Universidad, Col. Buenavista, C.P. 24039, San
Francisco de Campeche, Cam. México

risage_31@hotmail.com, victmmoo@hotmail.com, eduperea69@gmail.com,
lagunas26@yahoo.com

RESUMEN

En la actualidad se ha estudiado principalmente la influencia de los campos magnéticos sobre muestras biológicas (ICNIRP 2009) y sus efectos para la salud, pero los estudios de campos magnéticos en otros procesos, como los que suceden en la corrosión, son escasos.

Cada día como consecuencia del desarrollo de muchas tecnologías se ha incrementado la exposición a energías electromagnéticas por lo que podría resultar conveniente investigar ¿Cómo influyen los campos magnéticos en el proceso de corrosión?

Con base en esta idea se propone este sistema que genera de manera controlada un campo magnético energizando una bobina Helmholtz, a partir de las instrucciones recibidas por el usuario desde un teclado, pudiendo incrementarse o decrementarse el campo a conveniencia. Para saber la intensidad de campo generada se realiza la medición empleando un sensor de efecto Hall y se despliega el valor en una pantalla de LCD. Las tareas de este sistema están a cargo de un microcontrolador PIC16F877A que recibe los datos del teclado, activa mediante una etapa de potencia dicha bobina, obtiene los datos del sensor mediante una etapa de acondicionamiento de señales y despliega las medidas efectuadas.

INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos se encuentran presentes en la vida cotidiana, de forma natural o artificial, la influencia de estos campos ha sido estudiada para procesos biológicos (OMS 2011). Estamos inmersos en un ambiente donde continuamente estamos inmersos en medio de campos electromagnéticos, sin embargo no se halla información concluyente sobre su influencia en procesos biológicos y menos aún en los de corrosión. Por este motivo es importante realizar estudios que nos permitan discernir dicha influencia mediante un sistema generador y de control de campos magnéticos [6]

⁶. ICNIRP, Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields, Health Physics, April 2009. V. 96, N. 4.



Por ello se diseña e implementa físicamente un sistema de generación controlado y cuantificable de campos magnéticos para su aplicación futura en estudios de deterioro por corrosión. Se lleva a cabo teniendo en cuenta los objetivos siguientes:

- Diseñar e implementar un sistema medidor y generador de campo magnético.
- Crear una interfaz de fácil manejo que permita al usuario: definir y controlar el campo magnético aplicado, definir y aplicar el tipo onda aplicado a la generación de campo magnético, definir y controlar el tiempo de exposición

DESARROLLO

La Fig. 1 muestra el diagrama a bloques del sistema desarrollado, integrado por una bobina Helmholtz como el actuador, el sensor de efecto Hall es el transductor, una interfaz de medida y control construida con microcontrolador constituida por un LCD 4x20 y cuatro microswitch.

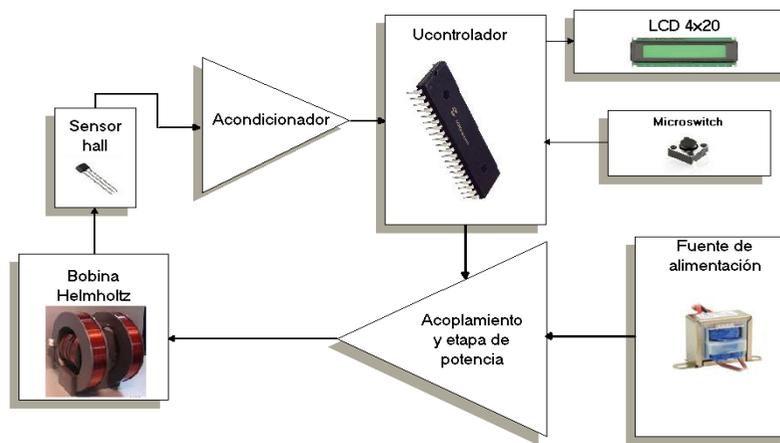


Fig. 1.- Diagrama a bloques del sistema.

La implementación de este diseño se realizó con dispositivos eléctricos y electrónicos de fácil acceso comercial. Las características de dicho sistema se establecieron con base en los campos magnéticos a los cuales nos encontramos expuestos cotidianamente. Pero la versatilidad de este diseño permite cambiar estas condiciones con algunas modificaciones leves, considerando siempre las medidas de seguridad pertinentes.

Las dimensiones de la bobina están determinadas por el tamaño del matraz donde estará la solución y el metal a corroer. Por seguridad se inyecta una corriente máxima de 1A en la bobina y se elige como mejor opción para generar un campo magnético constante una bobina Helmholtz. El campo magnético generado comprende entre los 0 y 30 G, máxima intensidad que se puede obtener del actuador. De acuerdo con los estudios realizados, presentados por la OMS, estas



intensidades son las que se encuentran cotidianamente [1, 7].

El sensor de efecto Hall es adecuado por su gran estabilidad y robustez al medir campos magnéticos constantes, a diferencia de los sensores de inducción. El usado es el A3516 de la marca Allegro Microsystem.

Se emplea para el control lógico del sistema el microcontrolador PIC16F877 de la marca Microchip por ser versátil, de fácil manejo y operación.

El diagrama a bloques presentado en la figura 1 es simulado con Proteus 7.7 de Labcenter Electronics, de forma individual y en conjunto.

La programación y compilación se realizó en lenguaje C, recurriendo al compilador de CCS 4.093 y sus librerías, para cargar el archivo .hex se usa el software de programación WINPIC 800 con un módulo cargador/programador de microcontroladores.

BOBINA HELMHOLTZ

La bobina Helmholtz es un arreglo de dos bobinas con el mismo radios R, el mismo número de espiras N y separadas una de otra una distancia igual al radio. Se observa su estructura en la Fig.2.

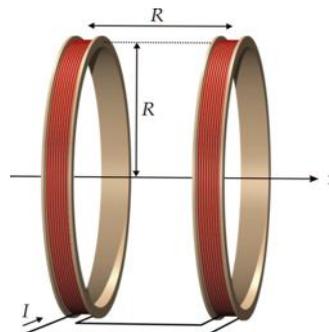


Fig. 2.- Bobina Helmholtz.

Este arreglo ofrece una campo magnético constante en el espacio de formado entre las dos bobinas. La siguiente ecuación representa el campo generado por la bobina Helmholtz, se obtiene de la ley de Biot-Savart [8, 9].

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 NI}{R} \dots\dots\dots \text{Ec. 1 Campo Generado}$$

⁷. OMS 2013, Campos electromagnéticos (CEM). [En línea], 1 abril 2013. <http://www.who.int/peh-emf/es/>

⁸.- Física para Ciencias e Ingeniería T. II, R. A. Serway/R. J. Beichner, Edit. Mc GrawHill, 2002. Pag. 937-967.

⁹. CINVESTAV, Tesis Diseño y construcción de un generador de campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja, variable en intensidad y frecuencia, para aplicaciones biológicas, Erika Jannet Tapia, México D.F., Sep. 2005.



Se reutilizó una bobina Helmholtz de 512 vueltas y con la ecuación (1) se calculó un campo de 46G con 1A de corriente. Para corroborar estos datos se energizó la bobina con un variac, un puente de diodos y se probaron diferentes niveles de voltaje para lo cual se concluyó que a 5V y 1A de corriente, el máximo campo generado es de 30G.

Las pruebas se realizaron con un fluxómetro electrónico de la marca Yokogawa Electric Type 3254 y un multímetro digital de la marca ER MU115.

SENSOR DE EFECTO HALL

El A3516 tiene una sensibilidad de 2.5mV/G, opera con un voltaje de fuente de 5V con un punto medio de salida de 2.5V en ausencia de campo magnético [10, 11]. Puede medir hasta ±800G manteniendo la linealidad de 0.5V a 4.5V, en la figura 3 se ve esta gráfica, con un consumo de 10mA y una corriente de salida de 1mA a una temperatura ambiente de 25°C [12].

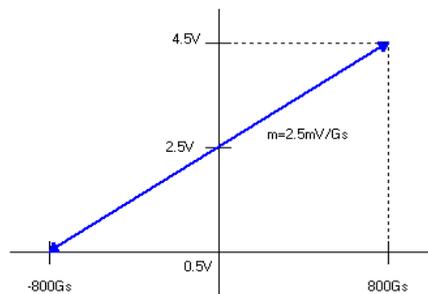


Figura 3 Gráfica linealidad del sensor.

CONTROL DE POTENCIA

El microcontrolador PIC16F877 proporciona características de interés un convertidor analógico digital o ADC, interrupción de TMR1 y la velocidad de 20MHz, estos elementos en conjunto con las librerías de CCS proporciona una gran eficiencia al momento de la programación [13, 14]. Mediante estas opciones de programación se generan las señales senoidal y triangular para controlar a la bobina. Los valores programados en forma de tabla en el microcontrolador para la señal senoidal y triangular se calcula con las siguientes formulas respectivas.

$$f(n) = 128 \sin\left(\frac{2\pi n}{50}\right) + 128 \quad \text{Ec. 2 Onda senoidal}$$

$$f(n) = \frac{255}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_0^{\infty} \frac{\cos(2k+1)2n\pi}{(2k+1)^2(50)} \right) \quad \text{Ec. 3 Onda Triangular}$$

¹⁰. Sensores Acondicionadores de Señal, Ramón Pallás Areny, Edit. Alfaomega. Pag. 224-228.

¹¹. Adquisición y Distribución de Señales, Ramón Pallás Areny, Edit. Marcombo, 1993. Pag. 27-36.

¹². Ratiometric, Linear Hall-Effect Sensors, Allegro Microsystems.inc., Data Sheet 27501.10C.

¹³. Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC, Eduardo García Breijo, Edit. Alfaomega, 2008. Pag. 55-125.

¹⁴. Conversores D/A y A/D, Federico Miyara, Universidad Nacional de Rosario Argentina, 2004. Pag. 1 – 41.



Con las tablas generadas y programadas el sistema entrega a su salida la respuesta de la Fig. 4

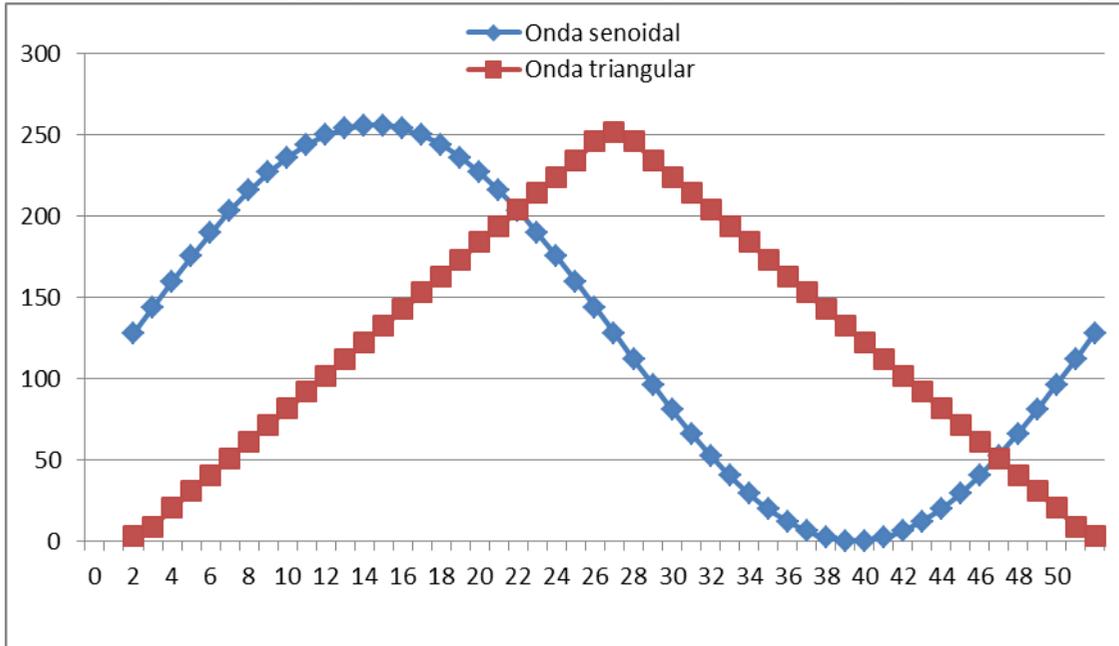


Fig. 4.- Gráfica de la forma de onda formada por medio del muestreo de los puntos calculados.

En la Fig. 5 se muestra el diagrama electrónico para la generación de estas ondas requeridas para los experimentos.

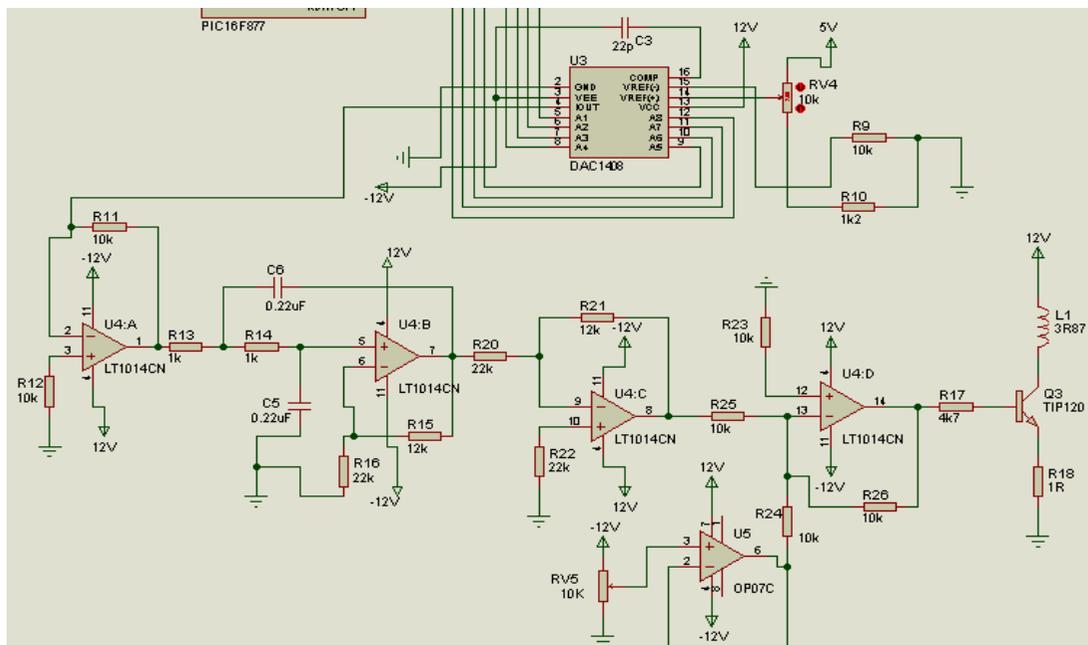


Fig. 5.- Circuito de generación de señales y etapa de potencia para la bobina.



El acoplamiento consiste en un DAC que recibe los niveles lógicos del microcontrolador y los convierte en señal analógica la cual es introducida a un amplificador operacional para ajustar la ganancia. Posteriormente la señal generada por el DAC es tratada con un filtro pasabajas de segundo orden con estructura Sallen-Key para suavizar la forma de onda. Por último es inyectado en la base del transistor, pasando por dos inversores y ajustando por medio de un potenciómetro la señal, para librar la zona de no conducción del transistor Darlington.

La etapa de potencia es un transistor en par Darlington TIP120 lo que hace esta etapa es aumentar la ganancia de corriente y suministrarla en la bobina Helmholtz. Esto depende de la máxima corriente proporcionada por la etapa de acoplamiento y de la ganancia de este arreglo de transistores, nos proporciona la resistencia de entrada para poder obtener una corriente máxima.

El par Darlington es un arreglo de dos transistores que incrementa la ganancia de corriente comparándolo con un solo transistor. En concreto son dos transistores idénticos que se conectan como se muestra en la Fig. 6, ocasionando que las β se multipliquen.

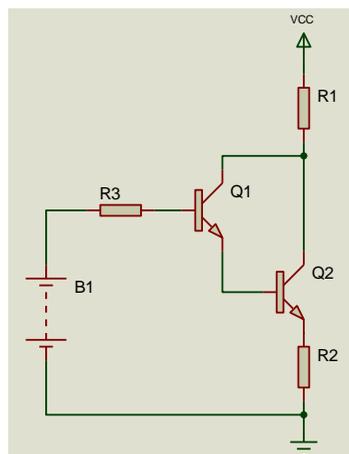


Fig. 10 Estructura interna del Transistor Darlington.

La ecuación que representa este arreglo es la siguiente ^[15]:

$$B_1 - I_B R_3 - I_E R_2 - V_{BE} - V_{BE} = 0$$

$$I_E \approx \beta_{DC} I_B \approx I_C$$

$$B_1 - I_B R_3 - \beta_{DC} I_B R_2 - V_{BE} - V_{BE} = 0$$

¹⁵. Circuitos microelectronicos, Adel S. Sedra/Kenneth C. Smith, Edit. Oxford University Press. Pag. 765-816.



Con la formula anterior se polariza el arreglo para obtener la corriente que se utiliza, proponiendo los parámetros que a continuación se enlistan.

La bobina puede soportar una corriente máxima de 1A y tiene una resistencia equivalente a 3.87Ω , la ganancia que nos ofrece el simulador del TIP120 es de $\beta = 3000$ (en la hoja de datos proporciona una $\beta_{min} = 1000$ en ciertas condiciones eléctricas), el voltaje de acoplamiento de la señal es de 4.214V con lo cual se establece una resistencia de $4.7k\Omega$ (para no afectar la etapa de acoplamiento).

Programación

La Fig. 6 muestra el diagrama de flujo representativo de la programación desarrollada y como se puede operar este sistema. Los bloques de proceso a partir de la selección del tipo de señal son los mostrados en el LCD 4x20.

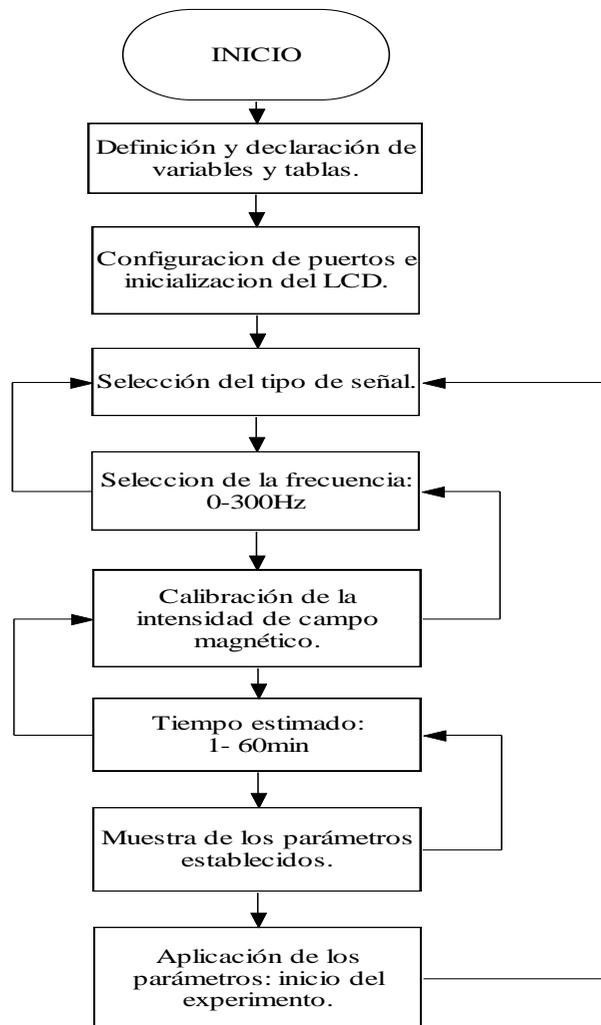


Fig. 6.- Diagrama de flujo del programa.



La programación tiene un conjunto de instrucciones representada encada recuadro para la selección de los parámetros a aplicar:

- Seleccionar del tipo de señal: aplicación de la forma de onda de voltaje que se aplicara a la bobina a través del acoplamiento y la etapa de potencia.
- Selección del tipo de frecuencia: si el tipo de señal es variable periódica se puede programar una frecuencia que oscila entre los rangos de 1 a 300Hz.
- Calibración de la intensidad del campo magnético: se pone en este modo y empieza la lectura del campo magnético en el pico de voltaje que oscila entre 0 y 5V para generar las diferentes intensidades de campo magnético.
- Tiempo estimado: duración del experimento puede variar de 1 a 60min.
- Muestra de parámetros establecidos: muestra la pantalla de los parámetros programados y si hay algún error puede regresarse a través de las pantallas para establecer el parámetro adecuado.
- Aplicación de los parámetros: empieza el experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtiene como resultado un sistema de fácil manejo con una interfaz versátil, que te conduce de pantalla en pantalla para elegir los parámetros.

La caratula y manual de uso es sencillo, tiene cuatro botones de selección, una perilla para la intensidad del campo magnético, indicador led de estado, el display LCD 4x20 y un botón de encendido y apagado, como lo muestra la Fig. 5.

- Se enciende con el botón de encendido. El indicador led se prende de color verde.
- Empieza la selección de parámetros con los botones de incrementar y decrementar, ingresando el dato con el botón enter.



Fig. 5.- Caratula del sistema.

- Después de seleccionar los parámetros se pueden modificar si es necesario antes de iniciar el experimento, con el botón regresar.
- Se inicia el experimento con el botón enter y el led cambia a color rojo, indicando que está en proceso el experimento, el display LCD también indica y mide el tiempo que ha transcurrido el experimento.
- El experimento se puede detener con el botón regresar, si es necesario, sino continua hasta transcurrir el tiempo programado por el usuario.



CONCLUSIONES

La interfaz usuario permite su uso sin requerir conocimientos técnicos y es muy versátil para realizar aplicaciones en un intervalo amplio de frecuencias, cada pantalla de menú sugiere la selección de parámetros que se requieren, con la opción de regresar y cambiarlo antes de la aplicación del experimento.

La realización de la onda se genera por medio de tablas de valores binarios, calculadas por medio de la series de Fourier discreta de éstas. Guardadas en el microcontrolador y muestreadas en un tiempo programado.

El uso de los simuladores virtuales para sistemas electrónicos es de gran ayuda porque agiliza la construcción de un sistema y ahorran errores previos en los dispositivos electrónicos durante el periodo de pruebas. La implementación del sistema físicamente compleja se simplifica al realizar previamente estas simulaciones.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Electrónica e Instrumentación del Centro de Investigaciones en Corrosión por las facilidades brindadas para el desarrollo de este proyecto.



PREPARACIÓN DE CAPAS SEMICONDUCTORAS DE ZnS POR BAÑO QUÍMICO: MECANISMOS DE INTERACCIÓN PRECURSOR-SUSTRATO

P. E. Martín-Vázquez y A. I. Oliva

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN- Unidad Mérida, Departamento de Física Aplicada. Km. 6 Antigua Carretera a Progreso, A.P. 73-Cordemex 97310, Mérida Yucatán México.

e-mails: pmvarguez@gmail.com, oliva@mda.cinvestav.mx

RESUMEN

Una de las técnicas más sencillas para el depósito de ZnS es la de depósito por baño químico (DBQ). Sin embargo, son escasos los estudios que ayudan a explicar su mecanismo de depósito. En este trabajo, se propone un mecanismo para su estudio desde el punto de vista precursor-sitios activos del sustrato considerando órdenes de reacción de cero a dos, entre ellos. Para validar los resultados del mecanismo propuesto, se depositaron series de cinco películas de ZnS por DBQ sobre sustratos de vidrio, bajo diferentes condiciones de temperatura (50–95° C) y tiempos de depósito (60–1500 min). Los espesores medidos de los grupos de películas se ajustaron con el tiempo para determinar el orden de la reacción. Los resultados muestran que la velocidad de la reacción depende principalmente de la cantidad de sitios activos (SA) libres del sustrato, con tendencia a ser de primer orden. El mecanismo aquí propuesto es una aproximación para predecir los tiempos de depósito y el espesor deseado de una película de ZnS por DBQ como función de la temperatura de depósito.

Palabras clave: sulfuro de zinc, depósito por baño químico, mecanismos de depósito.

1. INTRODUCCIÓN

El sulfuro de zinc (ZnS) es un material semiconductor utilizado en la fabricación de celdas solares como película anti-reflejante. Su síntesis puede realizarse por varias técnicas; sin embargo, una de las más sencillas es el depósito por baño químico (DBQ), pues es fácil de implementar y de bajo costo. La formación del ZnS por DBQ, se da mediante la precipitación paulatina del ZnS por la desintegración térmica de la tiourea (fuente de iones S^{2-}) y de la sal de zinc (Zn^{2+}) presente en solución acuosa sobre un sustrato inmerso en el baño. Para evitar la precipitación excesiva, suelen utilizarse compuestos de coordinación para complejar al sustrato y regular el pH.

En la literatura, existen varios trabajos que brindan las condiciones adecuadas para fabricar películas con buenas propiedades ópticas o morfológicas. Sin embargo, no existen estudios suficientes que ayuden a explicar el mecanismo de depósito desde un punto de vista cinético. Las primeras investigaciones de Doña y Herrero [1] y Borges y Lincot [2], realizadas hace 20 años, explican el mecanismo de depósito como función de las concentraciones de los reactivos utilizados, siendo estos trabajos los más importantes hasta el momento.



En este trabajo se pretende proponer, sin restarle importancia a la formación del precursor (formación del ZnS) de película, un mecanismo local de depósito: la interacción precursor-sitios activos del sustrato, es decir, cómo se adhiere el ZnS al sustrato una vez que está formado. La interacción anterior puede expresarse por medio de la ecuación:



donde ZnS es el material precursor de película, SA son los sitios activos libres sobre el sustrato y ZnS_{sust} es el material adherido sobre la superficie del sustrato. Las constantes cinéticas k_1 y k_2 son las constantes de formación y disociación de película, respectivamente. Estas constantes están definidas por medio de la ecuación de Arrhenius dada por:

$$k = D e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2)$$

donde E_a es la energía de activación, D es el factor preexponencial, R es la constante universal de los gases ideales ($8.3144 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) y T es la temperatura absoluta (K). Así, de acuerdo a la ecuación (1), la rapidez de depósito se define por:

$$\frac{d\text{ZnS}_{\text{sust}}}{dt} = k_1(\text{SA})^a - k_2(\text{ZnS}_{\text{sust}})^b \quad (3)$$

donde a y b son los órdenes de la velocidad de reacción. El orden con respecto a la cantidad de ZnS será ignorado.

Por simplicidad, se considerará que sólo son posibles interacciones bimoleculares, entonces los órdenes de reacción posibles son 0, 1 ó 2. La cantidad de sitios activos totales SA_T se supone que es la misma para todas las temperaturas, por tanto $\text{SA}_T = \text{SA} + \text{ZnS}_{\text{sust}}$. Si se resuelve la ecuación (3) para los diferentes órdenes de reacción, ésta puede tomar tres casos generales (por simplicidad se ha sustituido ZnS_{sust} por x):

Caso 1 (orden cero): $\int \frac{dx}{A} = t - t_0 \quad (4)$

Caso 2 (primer orden): $\int \frac{dx}{-Ax+B} = t - t_0 \quad (5)$

Caso 3 (segundo orden): $\int \frac{dx}{Ax^2+Bx+C} = t - t_0 \quad (6)$



donde las constantes A , B y C agrupan una serie de constantes y t_0 es el tiempo necesario para alcanzar el producto de solubilidad $[Zn^{2+}][S^{2-}]$. Las expresiones algebraicas se dan en la Tabla 1. De manera similar, se consideró cuando $k_2 = 0$, donde se generan los casos $(1\ x)$ y $(n\ x)$, con x representando que se ha ignorado b de la Tabla 1 y n expresando un orden de reacción variable. El caso contrario, cuando $k_1 = 0$, no fue considerado debido a que la expresión matemática que resulta predice una tasa de crecimiento negativa durante todo el intervalo de tiempo (decrecimiento de película), lo cual no puede ser posible, dadas las condiciones reales.

Tabla 6. Valores de las constantes A , B y C de las ecuaciones (4) a (6)

orden de reacción		A	B	C
a	b			
0	0	$k_1 - k_2$	---	---
0	1	k_2	k_1	---
0	2	$-k_2$	0	k_1
1	0	k_1	$k_1 SA_T - k_2$	---
1	1	$k_1 + k_2$	$k_1 SA_T$	---
1	2	$-k_2$	$-k_1$	$k_1 SA_T$
2	0	k_1	$-2SA_T k_1$	$k_1 SA_T^2 - k_2$
2	1	k_1	$-SA_T k_1 - k_2$	$k_1 SA_T^2$
2	2	$k_1 - k_2$	$-2SA_T k_1$	$k_1 SA_T^2$

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las películas de ZnS fueron depositadas por DBQ sobre sustratos de vidrio Corning de 25x15 mm² de área. Antes de cada depósito, los sustratos fueron lavados secuencialmente por baño ultrasónico con agua jabonosa, tricloroetileno, acetona y alcohol isopropílico, enjuagados con agua destilada y secados con aire a presión. Los reactivos utilizados fueron ZnCl₂ (3.64 mM), y SC(NH₂)₂ (36.43 mM) como fuente de iones de Zn²⁺ y S²⁻, así como KOH (409.1 mM) y NH₄NO₃ (272.7 mM) como regulador de pH y agente complejante, respectivamente. El volumen total del baño fue 440 mL. Los reactivos son mezclados en un recipiente contenedor de vidrio de 65 mm de altura y 125 mm de diámetro y calentados con una placa de calentamiento acoplada a un controlador digital de temperatura de diseño propio para mantener la temperatura del baño. Las temperaturas del baño con sus respectivos tiempos de depósito se indican en la Tabla 2. Note que para menores temperaturas del baño, se eligieron intencionalmente mayores tiempos de depósito. El tiempo experimental t_0 es el tiempo en que se observa que la solución se empieza a poner ligeramente blancuzca.



Tabla 7. Condiciones experimentales para el depósito de las películas delgadas de ZnS.

temperatura (° C)	tiempo (min)				
50	360	420	480	540	1500
60	220	260	300	340	380
70	120	150	180	210	240
75	105	130	155	180	205
80	90	110	130	150	170
85	60	75	90	105	120
90	40	55	70	85	100
95	60	75	90	105	120

El espesor de las películas depositadas fue medido con ayuda de un perfilómetro Dektak 8. Para determinar el orden de la reacción, los datos experimentales se ajustaron a las ecuaciones (4) – (6), según fue el caso, por regresión no lineal. Se utilizó el criterio de información corregido de Akaike (AIC_C) [3] para elegir los modelos que mejor se ajustaron a los datos experimentales. El cálculo de AIC_C se determina mediante la siguiente relación:

$$AIC_C = N \ln \left(\frac{SC}{N} \right) + \frac{2(r + 1)(N + 2)}{N - r} \quad (7)$$

donde N es el número de datos, SC es la suma de residuales del modelo de regresión y r es el número de parámetros del modelo de regresión. Así, se realiza una diferencia de todos los parámetros AIC_C con respecto al modelo con valor mínimo. En este trabajo, descartamos los modelos con diferencias mayores a 6 con respecto al menor.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez propuestos y realizados los modelos de regresión, se procedió a analizarlos por medio del parámetro AIC_C . Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 12. En la Figura 1 se observa que solamente 4 de los 11 modelos fueron descartados (zona no achurada). A pesar de ello, es interesante notar que los 7 modelos aceptados contemplan en ellos su dependencia con respecto a los sitios activos SA, lo cual hace pensar que el mecanismo está estrechamente ligado con los sitios activos y su presencia no puede ser ignorada. Similarmente, la tendencia general es que los sitios activos toman un orden de reacción cercano a uno, por lo cual muy probablemente el depósito de ZnS sea de primer orden con respecto a los SA de los mecanismos aceptados.



Por otro lado, se ha observado experimentalmente que para tiempos largos de depósito, especialmente cuanto más alta es la temperatura, zonas de película depositada se desprenden irregularmente del sustrato, aunque otras zonas siguen en crecimiento. Por ejemplo, para una temperatura de depósito de 95°C , después de 90 min, existen zonas del sustrato sin película y otras cuyo espesor está alrededor de los 200 nm, por lo que el proceso inverso de depósito en este punto no ocurre de forma regular. A partir de los resultados mencionados, podemos afirmar que el sustrato tiene un espesor máximo de material depositado que logra mantener adherido. Así, aunque la película tenga la posibilidad de seguir creciendo, al alcanzar cierto espesor límite, partes de la misma inevitablemente terminan por desprenderse.

El comportamiento de los espesores como función del tiempo predicho por los modelos propuestos junto con los datos experimentales se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En ellos se observa que existe una buena correlación entre los modelos considerados y los datos experimentales. La razón principal por la cual no hay una diferencia marcada entre los modelos se debe a que los datos experimentales se sitúan en la parte lineal de cada uno de ellos. El cuadro interior de la Figura 2, muestra los datos para la menor temperatura utilizada (50°C) para el depósito del ZnS para una mejor visualización. Los parámetros estimados por regresión se muestran en la Tabla 8 (las celdas sombreadas corresponden a los modelos conservados).

A partir de los coeficientes de regresión, la energía de activación E_{a1} se estima entre 59 y $77\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. En la literatura se encuentran reportado valores ligeramente más bajos, entre 30 y $53\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [4-6]. El valor negativo de E_{a2} puede ser interpretado de dos formas. La primera implica que el sulfuro de zinc depositado ZnS_{sust} cede naturalmente energía al baño para regresar de nuevo a solución, por lo que la forma más estable del ZnS es cuando está dentro de la solución y adherido sobre el sustrato. De ser esto último cierto, el depósito no sería cinéticamente posible pues es más factible la reacción $\text{ZnS}_{\text{sust}} \rightarrow \text{ZnS} + \text{SA}$. Sin embargo, la experiencia muestra que el depósito es posible por lo que podemos descartar esta opción. La segunda forma sugiere la presencia de un intermediario reactivo en el mecanismo [7], como se discutirá más adelante. Así, la barrera energética B_1 entre el intermediario reactivo y el ZnS tendría que ser mucho mayor que E_{a1} , de forma que el proceso en esta dirección esté desfavorecido.

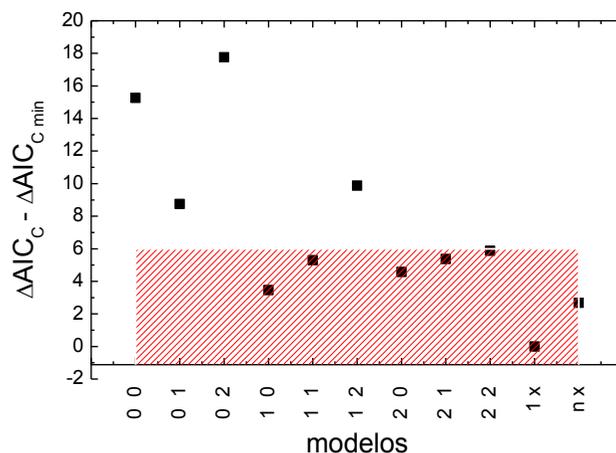


Figura 12. Evaluación de los modelos cinéticos.



También debe cumplirse que la barrera energética B_2 entre el intermediario y el sulfuro de zinc depositado ZnS_{sust} debe ser menor que Ea_1 para que los reactivos no permanezcan en este estado. A partir de la

Figura **14** se observa que la diferencia energética entre reactivos y productos se mantiene constante, lo cual implica que el nivel energético del compuesto intermediario es el que cambia como función de la temperatura. Así, la entalpía de la reacción tiene el valor de Ea_2 . Lo anterior lleva a la conclusión de que la reacción de depósito es termodinámicamente favorable. En concordancia con los datos experimentales, se observa que la reacción es cinéticamente favorecida. A altas temperaturas, el nivel energético de los compuestos intermediarios debe desplazarse hacia niveles de energía cercanos a los reactivos de forma que B_2 sea cada vez menor, para así favorecer cinéticamente el depósito con la temperatura.

Tabla 8. Parámetros cinéticos de los modelos considerados

modelo	Ea_1	Ea_2	SA_T	a
	$kJ/(mol \cdot K)$	$kJ/(mol \cdot K)$	nm	
0 0	63.92			
0 1	52.35	-44.91		
0 2	65.67	-47.86		
1 0	59.00	-52.43	138.38	
1 1	66.30	-49.70	125.56	
1 2	55.39	-26.25	251.50	
2 0	73.09	-52.52	152.89	
2 1	67.96	-47.60	183.37	
2 2	67.92	-45.93	191.54	
1 x	75.58		110.32	
n x	76.15			1.31

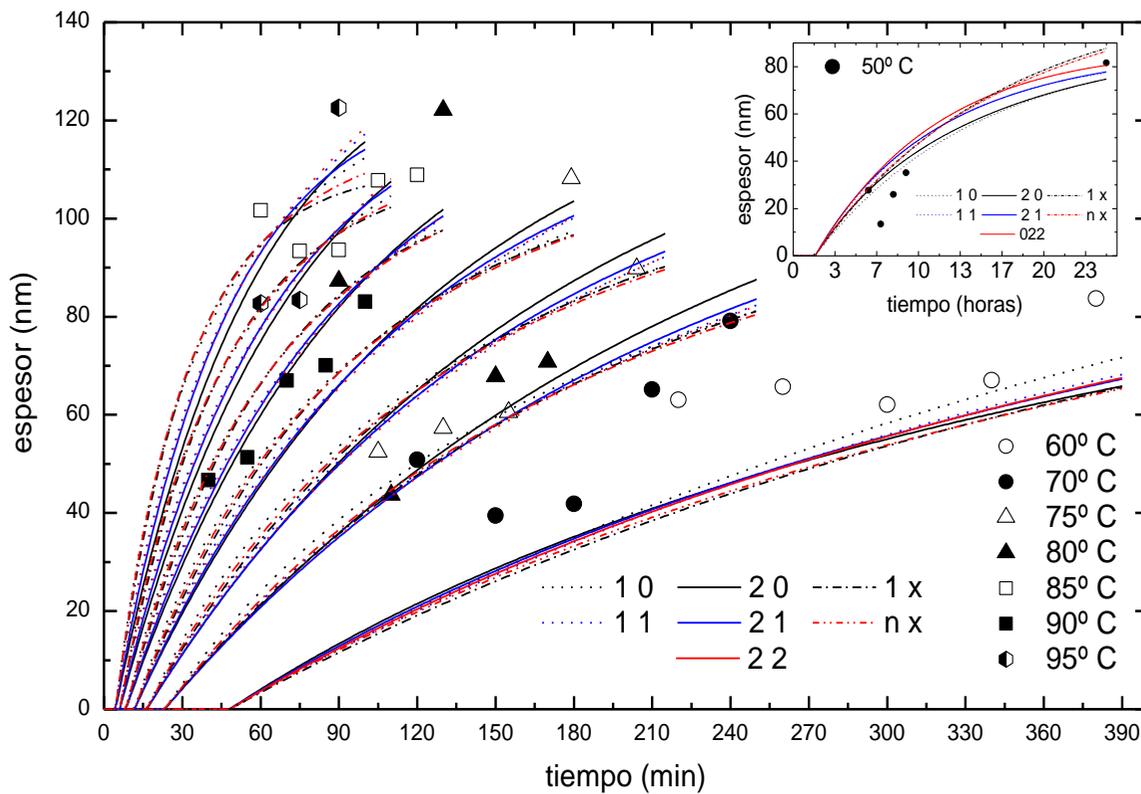


Figura 42. Modelos cinéticos de crecimiento del ZnS para diferentes temperaturas de depósito considerados en este trabajo.

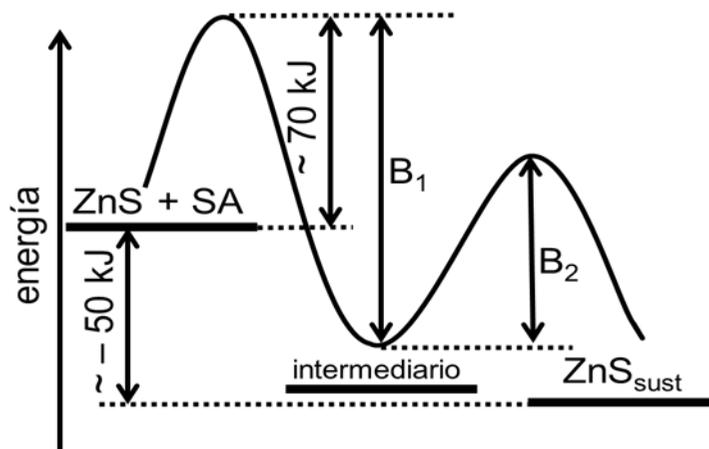


Figura 14. Diagrama energético del proceso de depósito.



CONCLUSIONES

Se propuso un mecanismo para estudiar la cinética de depósito de películas delgadas por baño químico usando la interacción de sitios activos del sustrato y se comparó con los datos experimentales obtenidos de diferentes muestras depositadas a diferentes temperaturas del baño.

Los resultados experimentales muestran que la velocidad de la reacción depende principalmente de la cantidad de sitios activos libres presentes en el sustrato, cuya reacción química tiende a ser de primer orden. El mecanismo propuesto representa una aproximación para predecir los tiempos de depósito y el espesor deseado de una película de ZnS por DBQ cuando la temperatura del baño es modificada. Desde el punto de vista energético, el depósito de ZnS está favorecido termodinámicamente y cinéticamente con el aumento de la temperatura. Basado en este modelo es posible predecir los espesores de películas de ZnS si se conocen las condiciones experimentales de crecimiento.

Agradecimientos: P.E. Martín Vázquez agradece al Conacyt-México la beca de ayudantía otorgada durante la realización de este trabajo. Al Ing. Wilian Cauch por el apoyo técnico otorgado en la medición de los espesores.

Referencias

1. Doña, J.M. y Herrero, J., *Journal of the Electrochemical Society*. **144**, (11) 4081-4091 (1997).
2. Ortega Borges, R. y Lincot, D., *Journal of the Electrochemical Society*. **140** (12) 3464-3473 (1993).
3. Motulsky, Harvey and Christopoulos, Arthur, *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression : A practical guide to curve fitting* (Oxford University Press), 351 (2004).
4. Qi, L., Mao, G., y Ao, J., *Applied Surface Science*. **254** (18) 5711-5714 (2008).
5. Doña, J.M. y Herrero, J., *Journal of the Electrochemical Society*. **141** (1) 205-201 (1994).
6. Yamaguchi, K., Yoshida, T., Lincot, D., y Minoura, H., *Journal of Physical Chemistry B*. **107**, 387-397 (2003).
7. Mozurkewich, M. y Benson, S. W., *Journal of Physical Chemistry*. **88** (25) 6429 - 6435 (1984).



REINGENIERÍA DE UN TERMOCONDUCTÍMETRO CON PROTOCOLO NMEA 0183 PARA EMBARCACIONES

Armin A. Hernández¹, Carlos M. Balam¹, Víctor H. López², José Ramón Atoche Enseñat¹, Erwin S. López¹, Luis Alberto Muñoz Ubando²

¹ Instituto Tecnológico De Mérida

Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118, Tel:(999) 964-5000, 964-5001 Fax:(999) 944-8181

² Plenumsoft

Calle 14 No. 81 entre 5 y 7, Col. San Antonio Cinta, C.P. 97139

arminhdz1989@gmail.com, carlosbalamayil@gmail.com, vh.lopez0306@gmail.com,
jratoche@gmail.com, sosalopezzerwin@gmail.com, luisalbertomunozubando@gmail.com

RESUMEN

Este artículo describe el análisis y reingeniería integral de un dispositivo denominado "Termoconductímetro", el cual tiene la finalidad de medir la temperatura y conductividad del ambiente marino. El diseño del dispositivo original alcanzó las especificaciones de resolución y nivel de mantenimiento planteados, pero se requirió un rediseño para reducir su tamaño y los costos de fabricación, facilitando su producción en serie.

El resultado obtenido en el análisis, fue la necesidad del rediseño y mejoramiento de la tarjeta electrónica del dispositivo, así como el diseño de un nuevo gabinete de protección con dimensiones menores y características ideales para la instalación y utilización en distintas embarcaciones.

ABSTRACT

This article describes the comprehensive analysis and reengineering of a device called "Termoconductímetro", which aims to measure the temperature and conductivity of the marine environment. The original device's design reached the resolution's specifications and the maintenance levels proposed, but a redesign was needed in order to reduce its size and the manufacturing costs by facilitating its serial production.

The analysis results were the need for a redesign and improvement of the device's electronic board, also the design of a new protection case with smaller dimensions and ideal features for its installation and use in different marine vessels.



1. INTRODUCCIÓN

Como parte del proyecto “Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación de Información Geoespacial para el Sector Pesquero de México” aprobado y financiado por CONACYT, el cual surge como respuesta a las necesidades de información del sector pesquero, mediante la implementación de las tecnologías de comunicación e información actuales (1), se presenta la necesidad de desarrollar un sensor Termoconductímetro con Protocolo NMEA 0183 para el envío de información, el cual en conjunto con un dispositivo de comunicación marítima tienen como objetivo el monitoreo y la recolección de factores ambientales como temperatura y salinidad para conocer entre otras cosas, el comportamiento dinámico de las especies (2).

Debido a lo anterior, se realizó el diseño de un sensor de temperatura y conductividad (Termoconductímetro) con características definidas, el cual tiene la finalidad de servir como instrumento de investigación para el personal del CINVESTAV, obteniendo información de las diversas áreas o zonas de pesca utilizadas por los pescadores de las embarcaciones de flota menor. Si bien es cierto que en la actualidad existen diversos sensores que miden la temperatura y conductividad del agua (3), (4), éstos sensores son solamente para uso exclusivo en laboratorios de análisis fisicoquímicos, además de que actualmente no se cuentan comercialmente disponibles éstos sensores con el protocolo NMEA 0183 a bajo costo.

El dispositivo se encarga de medir la temperatura y la conductividad, misma que se utiliza para determinar la salinidad del agua. El sensor cuenta con una tarjeta electrónica que se encarga de procesar y enviar los datos a través del protocolo NMEA 0183 a otro dispositivo, el cual está capacitado para enviarlos vía GSM o Satelital a una base de datos, mismos que serán procesados posteriormente para su investigación.

Dicho diseño se realizó a nivel prototipo, alcanzando las especificaciones de resolución, nivel de mantenimiento, pero sin embargo era necesario realizar un rediseño para simplificar su producción, reducir tamaño y costos.

Por tal motivo y debido a que se tiene el propósito de producir a gran escala dicho sensor, se realizó un análisis de reingeniería integral del dispositivo, el cual dio como resultado el rediseño y mejoramiento de la tarjeta electrónica, de igual manera se diseñó un nuevo gabinete de protección con dimensiones menores y características ideales para la utilización en distintas embarcaciones.

2. DISEÑO ELECTRÓNICO

Como primer punto, se realizó el análisis de diseño de la primera versión, la cual estaba compuesta por 2 tarjetas electrónicas en las cuales se realizó la inspección de: puntos de prueba, puentes de interconexión y la distribución de los componentes electrónicos. Como resultado de dicho análisis se llegó a la conclusión de que no existían puntos de pruebas bien definidos y, debido a la incorrecta distribución de los componentes, destacaban múltiples puentes que podrían ser eliminados en un nuevo diseño. Por otra parte, contar con 2 tarjetas electrónicas era una desventaja evitable, ya que se requería un mayor espacio volumétrico al colocarse dentro del gabinete de protección, ocasionando que el dispositivo sea de mayores dimensiones y por lo tanto, elevando los costos de producción al emplearse una mayor cantidad de material y de trabajo.



Debido a que la fabricación de las 2 tarjetas electrónicas fue realizada mediante métodos manuales (Ver Figura No.1) y contaban con los inconvenientes mencionados en el párrafo anterior, la producción en serie no era viable.

El rediseño del circuito esquemático y del layout, eran indispensables para una producción a escala mediante métodos industriales, por lo cual se decidió utilizar para dicho proceso el software profesional de diseño electrónico Eagle 6.1, el cual permite obtener diseños de alta calidad, fiabilidad, presentación y con menores costos.

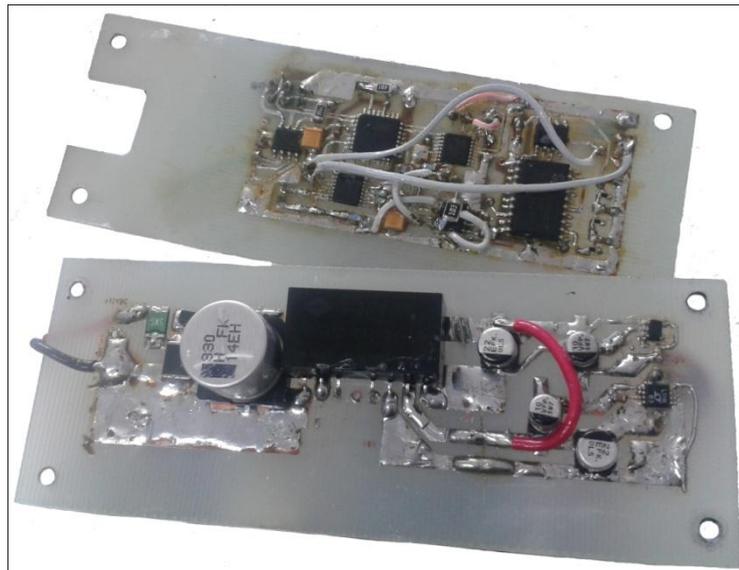


Figura No. 1 Primera versión de la tarjeta electrónica

2.1 Diagrama electrónico y layout

Los diagramas de la versión anterior de la tarjeta se realizaron empleando el software PCB123 CAD V4.0, el cual tiene varias limitantes ya que para el rediseño se requería un software con las siguientes características: diseño de placas multicapa, creación y configuración de las librerías de componentes electrónicos, pruebas de errores eléctricos, interconexión automática de líneas de alimentación, generación automática de la conexión de los componentes en la placa y generación de los archivos Gerbers. En base a las necesidades descritas, se llegó a la conclusión de utilizar el software para diseño de PCB Eagle 6.1 el cual cumple satisfactoriamente con las características antes mencionadas, siendo por ello uno de los programas más utilizados y con un alto grado de fiabilidad en el diseño de PCB.



La tarjeta electrónica está compuesta de 2 sistemas, siendo la fuente de poder una de ellas, la cual tiene como función entregar voltajes de +5 V y -5V para el funcionamiento de los componentes electrónicos. Estos voltajes se generan a partir de una entrada entre 9 y 16V y se utilizan reguladores de voltaje de última generación para obtener la salida más limpia posible. La fuente de poder se diseñó con un fusible autoresetable y un varistor de 16VDC grado automotriz en la entrada, asimismo cuenta con un diodo para su protección en caso de que se conecte de forma equivocada. (Ver Figura No.2)

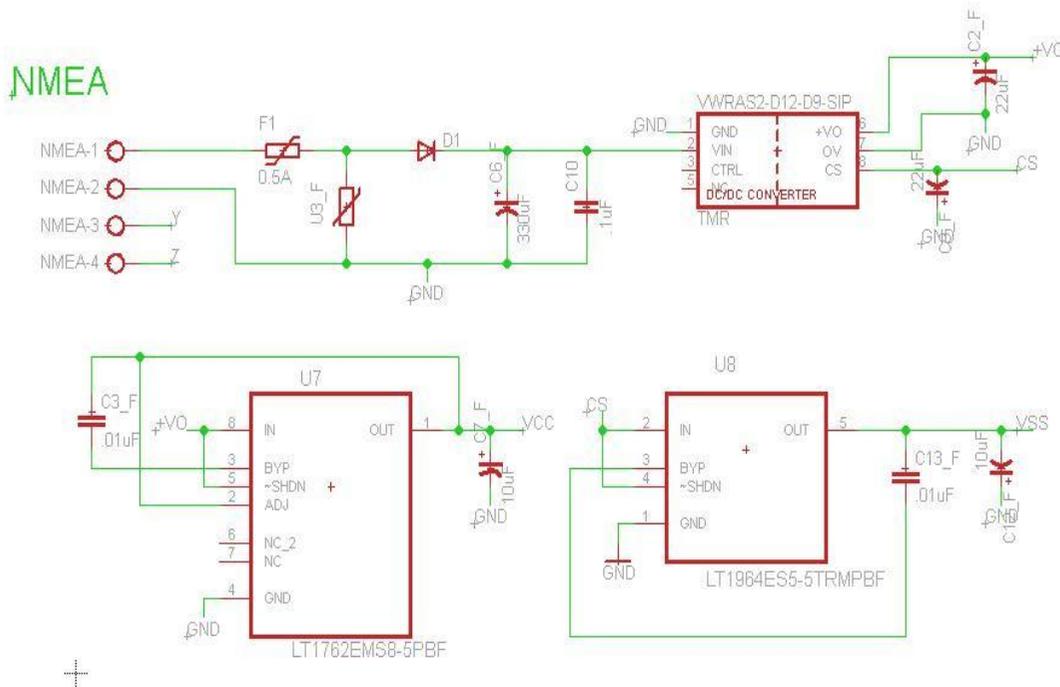


Figura No. 2 Circuito esquemático de la fuente de poder

El sistema de control de la tarjeta electrónica realiza la función de excitar los sensores de conductividad y temperatura, así como leer los valores que reportan. Calcula el promedio y la desviación estándar de la temperatura al igual que el de la conductividad y envía una cadena de caracteres con los datos a través de una interface NMEA 0183. (Ver Figura No.3)

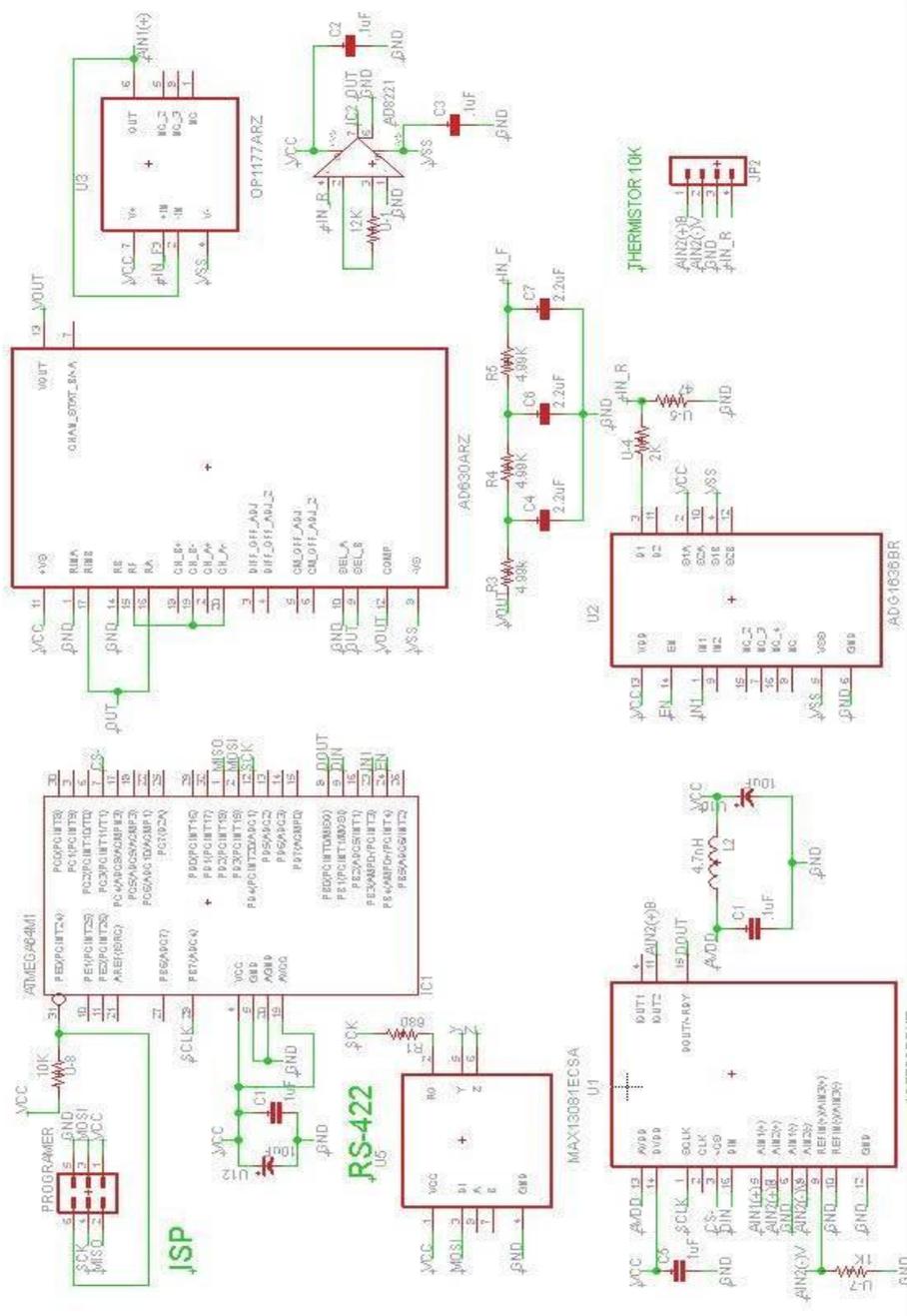


Figura No. 3 Circuito esquemático del sistema de control

Para lograr la distribución de los componentes electrónicos en una sola tarjeta, fue necesario utilizar 2 capas en el diseño, ubicando los componentes de la fuente de poder en la parte superior de la tarjeta y los componentes del sistema del control en la parte inferior. (Ver Figura No.6)

El diseño del layout de la tarjeta electrónica se observa en la Figuras No.4 y No. 5, donde las cotas están expresadas en milímetros.

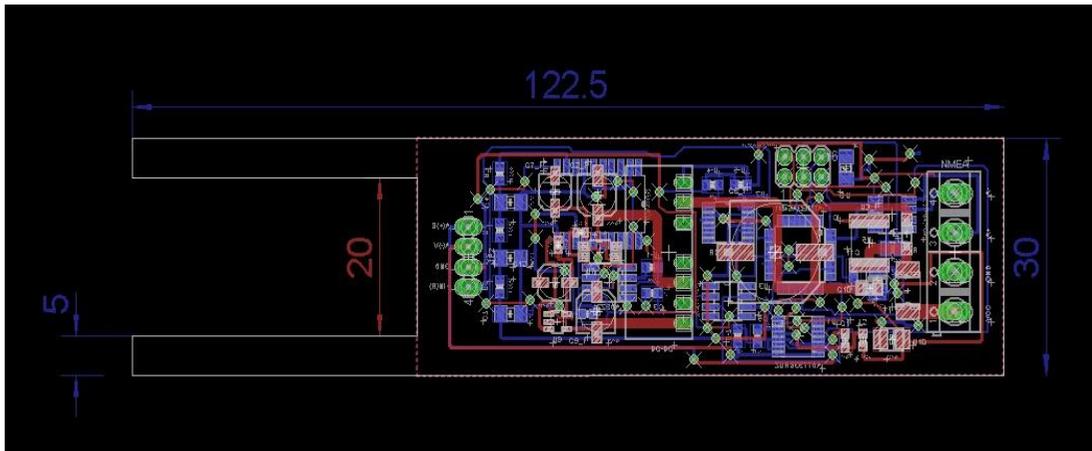


Figura No. 4 Capa Top del layout de la tarjeta electrónica

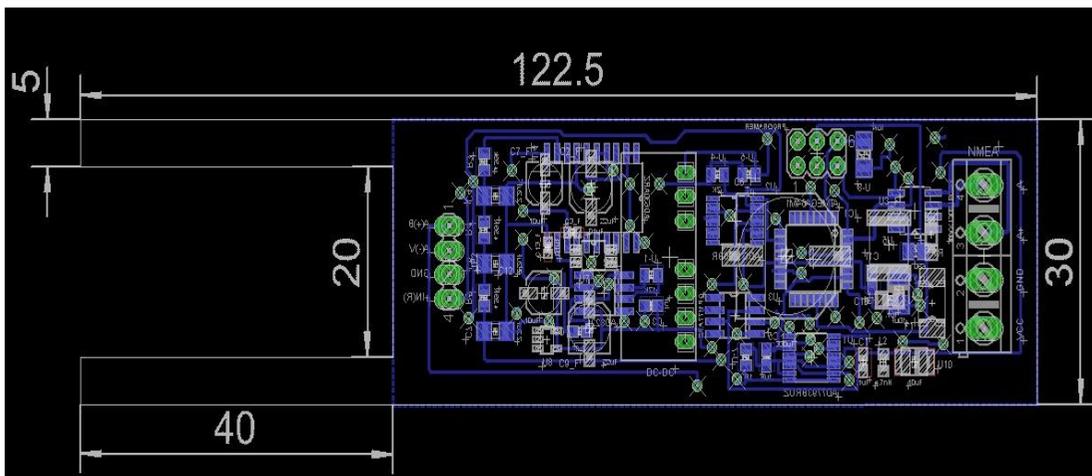


Figura No. 5 Capa Bottom del layout de la tarjeta electrónica

2.2 Tarjeta electrónica

El diseño obtenido en la nueva versión de la tarjeta electrónica redujo el volumen en un 35% con respecto al diseño anterior ya que todo el sistema electrónico del dispositivo se encuentra en una sola tarjeta. La reducción en el volumen da como resultado directo una reducción de los costos de producción.

El diseño físico de la tarjeta fue realizado de tal forma que se pueda adaptar a la forma del sensor que sobresale de la parte inferior del gabinete de protección, es por ello que tiene un corte en forma rectangular (ver Figura No. 6). De la misma manera, al encontrarse todo el sistema electrónico en una sola tarjeta, se logró reducir el área del gabinete protector del Termoconductímetro.

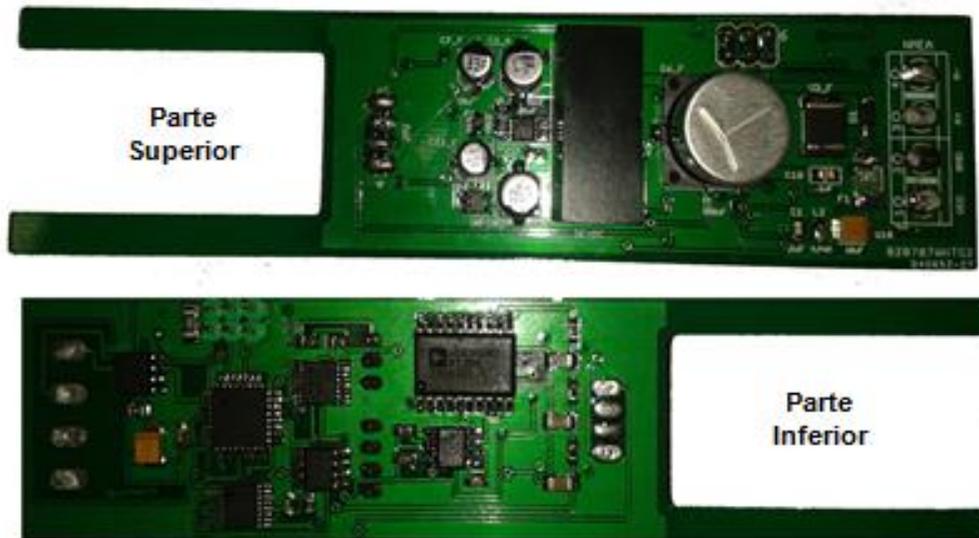


Figura No. 6 Vista superior e inferior de la tarjeta electrónica

3. DISEÑO MECÁNICO

Con el objetivo de resguardar todos los elementos que integran el Termoconductímetro y asegurar el correcto funcionamiento del sistema, se realizó el rediseño integral del gabinete de ensamble y protección del dispositivo. Dicho rediseño fue necesario debido principalmente a la modificación y actualización en las dimensiones de la tarjeta electrónica.

Asimismo y debido a que el primera versión del gabinete (ver Figura No. 7) presentaba una morfología robusta, cuadrada y por lo tanto anti-hidrodinámica provocando la inestabilidad de la embarcación mientras se conducía, se propuso la implementación del perfil circular para la manufactura de las piezas que componen el nuevo gabinete.

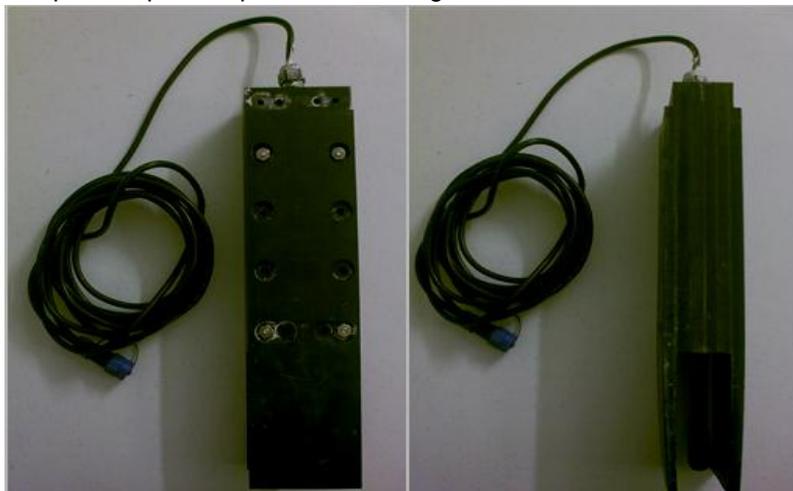


Figura No. 7 Primera versión del gabinete del Termoconductímetro



Por otro lado, la primera versión estaba compuesta principalmente por dos placas de Nylamid, las cuales cerraban de forma hermética mediante la utilización de silicón grado marino sujetadas con el apoyo de 18 tornillos de acero inoxidable. Además contaba con una placa de acero inoxidable la cual funcionaba como protección adicional al sensor. Es importante mencionar que debido a que el sistema de sujeción de dicha versión estaba compuesto por un arnés de montaje, el cual para su instalación era necesario realizar perforaciones en la embarcación, no era muy aceptado por los usuarios finales (pescadores), por tal razón fue necesario realizar la reingeniería del sistema de instalación.

Para la fabricación del gabinete de protección del Termoconductímetro, se utilizó el mismo material empleado en la versión anterior, debido a que el Nylamid posee propiedades físicas y químicas que proporcionan resistencia las inclemencias del ambiente marino, como la corrosión, oxidación, salitre, etc., ofreciendo mayor longevidad al dispositivo y reduciendo tiempo y costos para su mantenimiento, además de permitir su maquinado con herramientas de tornería de uso general.

El gabinete de protección propuesto en el presente trabajo está compuesto principalmente de 2 elementos mostrados en las Figuras No. 8 y 9. En la primera Figura (No. 8) puede observarse la parte superior del gabinete protector, en la cual es colocada internamente la tarjeta electrónica de dicho dispositivo, el cual a su vez, se une a la segunda pieza (Ver Figura No. 9) por medio de una rosca NPT cuyas características aportan un cierre hermético, con lo cual se logra aislar la tarjeta electrónica del medio externo marino.

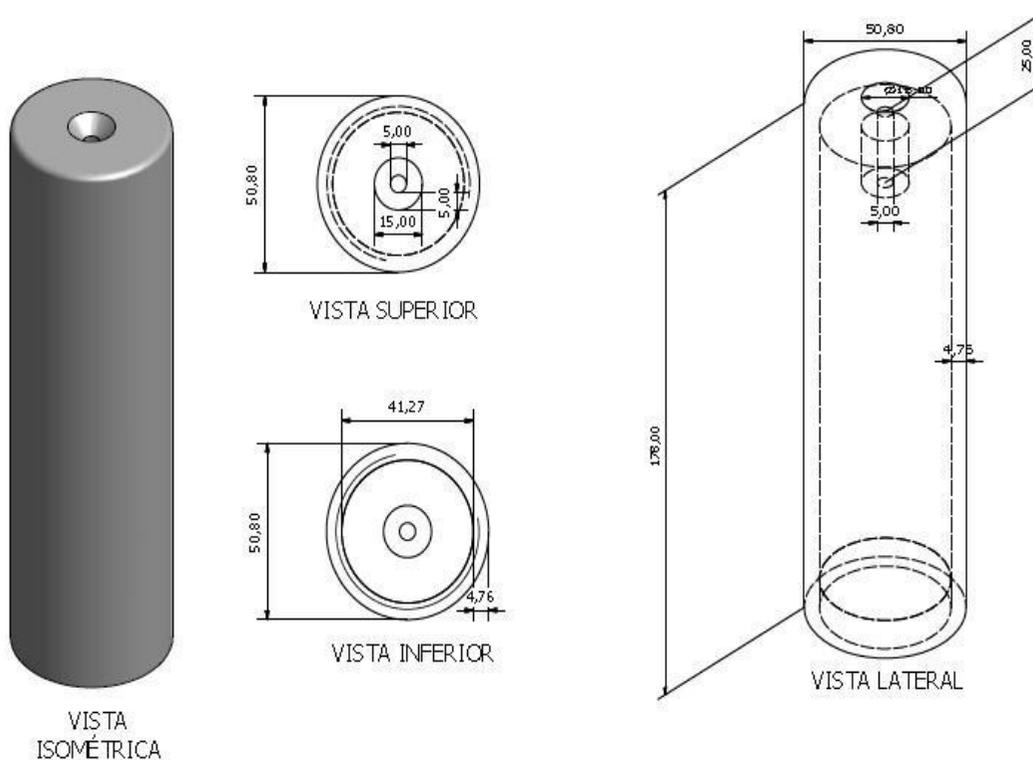


Figura No. 8 Pieza superior del gabinete



En la pieza inferior del gabinete es fijado mediante la utilización de silicón grado marino el sensor utilizado para el diseño del Termosalinómetro, dicha pieza proporciona al sensor tener contacto directo con el agua a través de las rejillas de circulación, las cuales proporcionan de forma adicional protección al sensor ante posibles impactos de forma accidental.

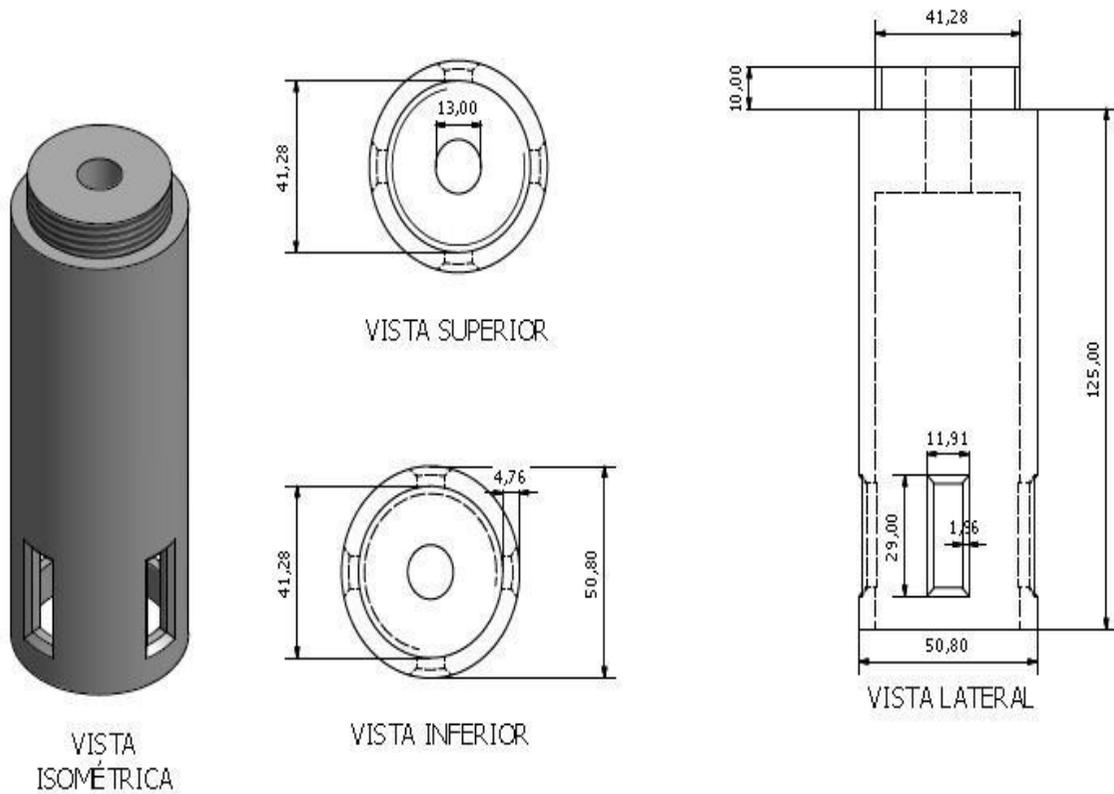


Figura No. 9 Pieza inferior del gabinete

Cabe mencionar que para el desarrollo del diseño de las piezas del gabinete de protección para el Termoconductímetro, se utilizó el software de Diseño Asistido por Computadora Autodesk Inventor 2012, el cual no solo sirvió para realizar el acoplamiento de los componentes en el gabinete y obtener los planos para la manufactura de las piezas, sino que además sirvió para validar las tolerancias establecidas y verificar mediante el análisis de interferencia que los componentes no se afecten mutuamente, con la finalidad de permitir el correcto funcionamiento del sistema.



4. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo fue posible obtener el diseño integral de un Termoconductímetro funcional para ambiente marino, realizado para el proyecto Fordecyt-143329 cumpliendo con todos los requerimientos establecidos para dicho elemento.

Asimismo se pudieron obtener los archivos gerbers de la tarjeta electrónica y los planos de diseño para el gabinete, necesarios para la producción en masa de dicho dispositivo.

Por otro lado, se logró validar mediante diversas pruebas de campo, el envío de información a través de un dispositivo de comunicación marítima, donde se verificó los niveles de resolución obtenidos y alcanzados mediante el remplazo de algunos componentes de la primera versión.

Finalmente, para la manufactura del gabinete protector del Termoconductímetro se utilizó como material principal el Nylamid, el cual, además de poseer características físicas y químicas que lo hacen resistente al ambiente marino, es un material muy fácil de maquinar por lo que no requiere de grandes y sofisticadas máquinas-herramientas para la producción en serie.

5. REFERENCIAS

- (1) Invipisca, Localización en tiempo real de embarcaciones pesqueras costeras en México (2011)
- (2) Euan-Ávila JI, Muñoz LA, Salas S. Palomo-Cortés LE, Coronado CE. Desarrollo de Infraestructura Tecnológica para la obtención de Información Geoespacial de la dinámica de la flota menor. Leon, Guanajuato .(2011)
- (3) Hispanocontrol S.L, Delta OHM - DO 9786T-R1, Madrid, España (2012)
- (4) Clarkson Laboratory, Waterproof PH/EC/TDS Temperature meter, Chula Vista, California (2012)



SENSOR CASI-DIGITAL PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE PERSONAS SENTADAS

Ernesto Sifuentes de la Hoya, Juan de Dios Cota Ruiz, Francisco J. Enríquez Aguilera, Arnulfo Castro Vásquez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Ingeniería Eléctrica y Computación

Av. Del Charro 450 nte., Ciudad Juárez, Chihuahua.

Tel. 656-6884841

esifuent@uacj.mx

RESUMEN

Este artículo presenta el diseño y la implementación de un detector de presencia de personas sentadas. El propósito es demostrar que mediante un sensor capacitivo (implementado con dos placas fenólicas), el uso y la caracterización de un circuito simple de acondicionamiento de señal, la aplicación de estrategias de gestión de energía y el diseño de algoritmos de detección muy simples, es posible implementar un detector compacto, de bajo costo y bajo consumo de energía. El sistema tiene la finalidad de distinguir la presencia de una persona de entre diferentes objetos colocados en el asiento, esto debido a que el sensor capacitivo responde a la presión ejercida sobre sus placas con lo que se hace una estimación del peso que se coloca sobre él.

ABSTRACT

This paper presents the design and implementation of a low cost and low power seat occupation detection system. The prototype was implemented by means of capacitive sensors (implemented by two parallel plates) the design and characterization of a simple signal conditioning circuit, and the design of simple detection algorithms. The system is intended to distinguish the presence of a person from among different objects placed in the seat; this is because a capacitive sensor responds to the pressure applied on their plates with making an estimate of the weight that is placed on it. This system may be useful as an integral part of wireless network detectors in different areas of application, for example: theatres, cinemas, buses, aircraft and wheelchair.



1. INTRODUCCION

Las bolsas de aire suelen ser de alta efectividad para reducir las muertes y lesiones asociadas a los accidentes en vehículos de motor. En algunos casos esta medida de seguridad se convierte en un peligro ocasionando lesiones inducidas. A la fecha, las bolsas de aire se asocian a numerosas lesiones de diferente grado de severidad, incluyendo ojos, cara, extremidades superiores, rotura de arterias y lesiones en la cara que son las que presentan un mayor porcentaje [1]. Por tal motivo, es necesario un sistema que determine si es necesario activar la bolsa de aire en caso de colisión. Por ejemplo, cuando no se detecte la presencia de un ocupante en el asiento o si el ocupante es un menor o un objeto. Evidentemente, existe una diversidad de formas para establecer si un asiento de vehículo está ocupado. A continuación se describen algunos de los métodos de detección reportados en la literatura.

La patente US 3.863.209 [2] propone la detección de presencia a través de un interruptor on-off electrónico dispuesto en el cojín del asiento. Cuando el asiento está ocupado por una persona de peso suficiente, se activa el interruptor para indicar la ocupación del asiento. Su desventaja principal es que al ser un sistema mecánico se produce un desgaste progresivo que a largo plazo puede resultar en falsos positivos. En las patentes US 5.987.370 [3], US 6.246.936 [4], US 6.101.436 [5], US 6.490.936 [6] y US 6.578.871[7] se propone la clasificación de ocupantes mediante una vejiga (bolsa de agua y/o aire) adaptando su sensibilidad a partir de un análisis de presión. Sin embargo, este procedimiento requiere de una calibración periódica para determinar la distribución de presión debido al peso del ocupante, además el rediseño de asientos para cada caso y aplicación en particular. En US 5.871.232 [8] y US 5.349.492 [9] se utilizan sensores capacitivos en diversas partes del vehículo (toldo, tablero y volante) pero no en el asiento. No obstante, el uso de múltiples sensores capacitivos se considera de alto costo.

Existen sistemas para medir peso por medio de sensores fabricados con pintura resistiva de polyester como en US 6.012.007 [10] que detectan presencia de personas por medio de la deformación (similar a una galga extensométrica) que hace variar la resistencia en el mismo. En [11] se proponen dos matrices de electrodos capacitivos controlados por interruptores electrónicos. Una matriz se coloca sobre el respaldo del asiento y la otra sobre la superficie del asiento. Este sistema además de diferenciar entre un asiento vacío y/o ocupado, es capaz de identificar la postura del cuerpo del pasajero. Sin embargo, se considera de alto costo de construcción e implementación por la gran cantidad de sensores (mínimo 16 electrodos, 8 por matriz).

El sistema propuesto en [12] utiliza 11 electrodos emisores y un receptor distribuidos en el respaldo y la superficie del asiento. El receptor (colocado en la superficie del asiento) detecta un cambio en la capacitancia debido a la presencia de un ocupante. El principio de funcionamiento consiste en excitar a los 11 electrodos transmisores con una señal alterna, lo cual se considera un



alto consumo de energía. Este sistema es altamente efectivo pero requiere de un gran esfuerzo de calibración de los emisores así como el receptor, además utiliza varios sensores y el acondicionamiento de señal es complejo y, por tanto, eleva su costo de implementación.

Existen otros sistemas para detectar la presencia de ocupantes en vehículos, los cuales utilizan cámaras de video [13-15]. Generalmente, estos sistemas comparan, por medio de algoritmos implementados en software, una imagen del asiento desocupado con una imagen al momento de activarse (asiento ocupado). Con el uso de cámaras de video además de detectar la presencia de personas se puede clasificar y contar el número de ocupantes en un vehículo [16]. Algunas de las desventajas de las cámaras de video son: alto costo, requieren de mantenimiento continuo por el uso de lentes (limpieza), algoritmos complejos de visión y procesamiento de imágenes, sombras y bajos niveles de iluminación pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema.

Por otro lado, el gran beneficio del sensado capacitivo es la simplicidad de su implementación e interfaz de acondicionamiento, se puede lograr una detección sin contacto, no poseen partes mecánicas, los elementos que utilizan para sensar pueden ser áreas amplias y de diferentes materiales, lo que los hace robustos y muy económicos [17]. Algunos de los sensores capacitivos utilizados para detectar presencia basan su funcionamiento en la permitividad del tejido humano que es influenciada por la frecuencia, para hacer esto miden la impedancia entre dos electrodos situados en la parte baja y en respaldo de un asiento midiendo frecuencias que van de los 50 KHz a los 5 MHz [18].

Existen también sistemas de detección que utilizan sensores capacitivos-inductivos [19] que detectan la proximidad de un objeto o persona a cierta distancia. La variación de inductancia o capacitancia se obtiene mediante un acondicionamiento de señal basado en un principio de frecuencia portadora, sus beneficios son bajo costo de implementación y no requieren electrodos en la superficie, sin embargo no diferencian entre un adulto y un menor, además requieren de alimentación a través de una señal alterna, lo cual se considera un alto consumo de energía.

De acuerdo a la bibliografía, existe un amplio número de sistemas de detección de pasajeros en un automóvil, sin embargo la mayoría son incorporados en automóviles de gama alta. Por tanto, algunas de sus desventajas son: alto costo de compra e implementación, requieren de calibración constante, algunos son sistemas mecánicos y, por tanto, su vida útil es limitada debido al desgaste de sus componentes, gran tamaño y alto consumo de energía. Existen algunos sistemas de bajo costo pero su diseño es muy rudimentario y no son capaces de distinguir entre un objeto posicionado sobre el asiento y una persona. No pueden clasificar si el ocupante es un adulto o un menor, lo que pudiera resultar en una lesión al activarse la bolsa de aire y, por tanto, estos sistemas son poco fiables. Así pues, es necesario el diseño y la implementación de sistemas que reduzcan las desventajas de los existentes.



Este artículo presenta el diseño y la implementación de un detector de presencia de personas sentadas. El objetivo es demostrar que mediante sensores capacitivos (implementados con dos placas fenólicas), el uso y la caracterización de un circuito simple de acondicionamiento de señal, la aplicación de estrategias de gestión de energía y el diseño de algoritmos de detección muy simples, es posible implementar un detector de bajo costo y bajo consumo de energía.

2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL DETECTOR DE PRESENCIA

2.1 Arquitectura del sistema

El sistema se implementó con un sensor capacitivo, formado por dos placas de cobre rectangulares separadas por una esponja; un circuito de acondicionamiento de señal basado en un oscilador que incluye al sensor, así la capacitancia se convierte en frecuencia; y un microcontrolador para adquirir, procesar y transmitir la información hacia la unidad de gestión. Al sentarse una persona sobre el sensor capacitivo, gran parte de su masa corporal ejerce una fuerza sobre las placas del sensor y disminuye la distancia de separación entre placas, esto aumenta la capacitancia del sensor y provoca un cambio en la frecuencia del oscilador. El microcontrolador mide los cambios de frecuencia y a través de un algoritmo simple se determina la presencia o ausencia de una persona. La figura 1 muestra un esquema a bloques del detector propuesto.

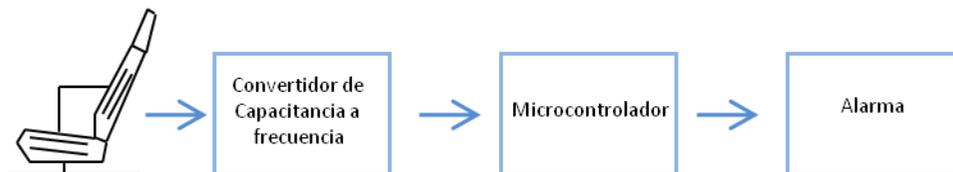


Figura 1.- Diagrama a bloques del detector de presencia de personas sentadas.

2.2 Diseño del sensor capacitivo

Es común que las aplicaciones en las que se necesita una medición de movimiento directo sin contacto utilicen sensores capacitivos. En ellos se emplean diferentes formas de configuración dependiendo de los desplazamientos que se requiera detectar. Para una medición exacta de pequeños desplazamientos, la variación de la separación entre placas es mejor, sin embargo, para desplazamientos grandes es mejor recurrir a cambios de área, particularmente un sistema de tres electrodos puede mejorar significativamente el rendimiento de los sensores, esto debido a que entre más placas se utilicen en paralelo más se podrá aumentar la capacitancia.

Dos conductores cualesquiera separados por un dieléctrico (o un vacío) forman un capacitor. La geometría más simple de un capacitor es aquel formado por dos placas paralelas de material



conductor separadas por un dieléctrico (Figura 2). En este caso la capacitancia [20] es proporcional al área de sus placas (A) e inversamente proporcional a la separación de las mismas (d), siendo la permitividad eléctrica del vacío ϵ_0 y la constante del material dieléctrico ϵ_r las constantes de proporcionalidad, de esta forma la capacitancia ideal es:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (1)$$

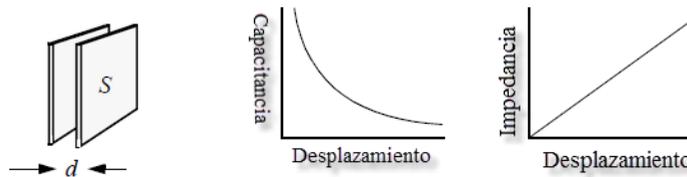


Figura 2.- Capacitor de placas paralelas y su respuesta ante la variación de distancia entre placas [20].

El sensor capacitivo se implementó con dos placas fenólicas (15 x 15 cm) paralelas separadas mediante una esponja automotriz por sus propiedades de elasticidad y dieléctrico (material utilizado en la fabricación de asientos de automóvil), además permite soportar el peso de una persona y regresar a su forma original después de que se le deja de aplicar presión. El tamaño y geometría del sensor se eligió para cubrir la mayor área del asiento y que el peso aplicado no quedara fuera del sensor y con ello evitar falsas detecciones. El material (cobre) se eligió por ser económico, fácil de conseguir y por ser un buen conductor. Con este arreglo, las placas se mantendrán inmóviles transversalmente pero se permitirá el movimiento vertical, haciendo que con este desplazamiento varíe la distancia entre placas al sentarse una persona o colocar un objeto sobre el sensor y así generar una variación de capacitancia inversamente proporcional a la distancia entre placas, pero proporcional al peso aplicado (véase la figura 4). La figura 3 muestra una fotografía del sensor capacitivo implementado.



Figura 3.- Sensor capacitivo implementado para detectar la presencia de personas sentadas.



2.3 Caracterización peso contra capacitancia

Para caracterizar la respuesta del sensor, capacitancia versus peso, se utilizaron pesas graduadas en pasos de 10 kg en un rango de 0 kg a 200 kg. El rango de capacitancia obtenido fue de 75 pF a 520 pF. El valor de capacitancia para cada peso aplicado fue medido con un LCR 4285a (Hewlett packard) y un medidor de capacitancia portátil (Agilent U1604B). Con estas mediciones se establecieron los requisitos para el diseño de la etapa de acondicionamiento de señal. La figura 4 muestra los resultados obtenidos de capacitancia (C_x) contra el peso aplicado. El ajuste lineal obtenido a partir de los datos experimentales y el método de mínimos cuadrados fue:

$$C_x = 2.082(\text{peso}) + 109.952 \quad (2)$$

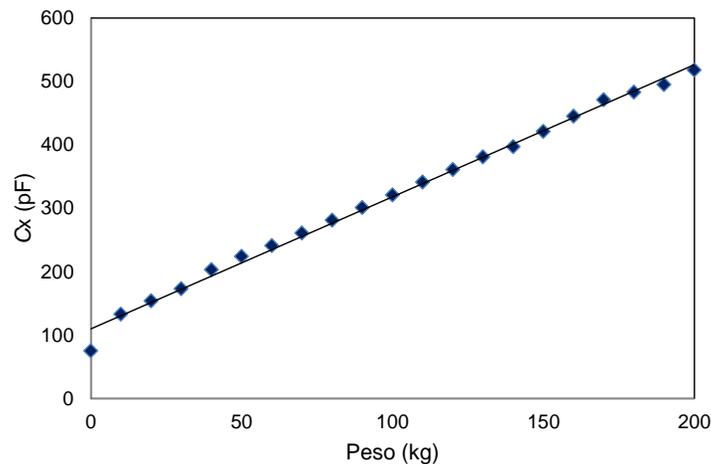


Figura 4.- Capacitancia contra peso aplicado al sensor capacitivo.

2.4 Acondicionamiento de señal

La interfaz de acondicionamiento de señal es uno de los elementos más importantes de cualquier sistema de medida. En general, la variación de capacitancia generada en los sensores de tipo capacitivo puede ser acondicionada mediante diferentes circuitos, los cuales la convierten o transforman en voltaje, frecuencia o modulación de ancho de pulso. Existen diversos tipos de interfaz de acondicionamiento de señal para sensores capacitivos, por ejemplo: amplificadores de carga [21], puentes de sensores capacitivos [21], interfaz directa [22], convertidores de



capacitancia a voltaje, convertidores de capacitancia a frecuencia, tiempo o periodo [21-24]. De acuerdo al principio de detección (variación en: dieléctrico, distancia entre placas o área) variará la capacitancia en el sensor capacitivo diseñado y, por tanto, será conveniente implementar un acondicionamiento de señal que permita cumplir con los requisitos de diseño, por ejemplo resolución, linealidad, exactitud, bajo costo y bajo consumo de energía.

El circuito de interfaz de acondicionamiento de señal utilizado en este trabajo consiste en convertir el valor de capacitancia en frecuencia. Para ello se implementó un oscilador de relajación con el temporizador NE555 configurado en modo estable (Figura 5). El capacitor externo (sensor capacitivo en nuestro caso) se carga a través de R_A y R_B , y se descarga a través de R_B , por lo que el ciclo de trabajo se establece a través de la relación de estas dos resistencias. En este circuito la relación capacitancia-frecuencia está dada por:

$$F = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C_x} \quad (3)$$

La figura 5 muestra el circuito implementado con el temporizador 555 y el sensor C_x . Los valores de las resistencias fueron elegidos para tener un margen de frecuencia de 10 kHz a 70 kHz. La figura 6 muestra la relación capacitancia-frecuencia calculada por medio de la ecuación (3) y los valores de capacitancia obtenidos durante la caracterización de peso contra capacitancia (Figura 4).

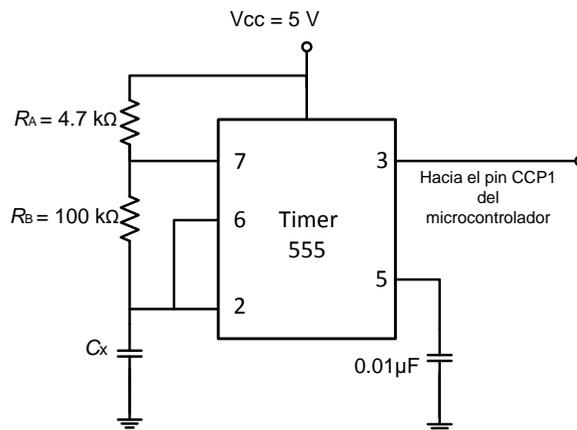


Figura 5.- Capacitancia contra peso aplicado al sensor capacitivo.

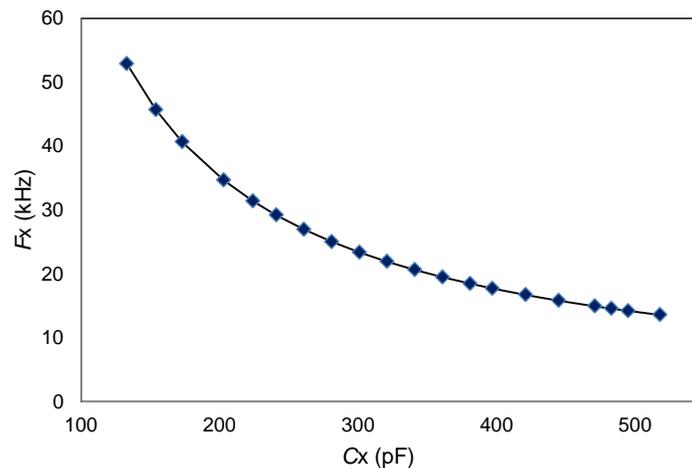


Figura 6.- Relación capacitancia frecuencia.

2.5 Método de detección

Como sistema de procesamiento y control se utilizó un microcontrolador PIC 18F4550 (Microchip) y un cristal de cuarzo de 4 MHz, así cada cuenta del temporizador equivale a un microsegundo. Se implementó un algoritmo, con ayuda del módulo de captura CCP1 con atención en flanco ascendente, para medir la frecuencia proveniente del oscilador. Posteriormente, con el valor de frecuencia medido se estimó el valor de C_x a partir de la ecuación (3) y el peso de una persona utilizando la ecuación (2). Para indicar la presencia o ausencia de una persona el microcontrolador activa una señal de salida (presencia), que en este caso consiste en un led indicador, pero que dicho led puede ser reemplazado por un módulo de comunicación cableado o inalámbrico (por ejemplo una interfaz RS-232, un módulo de Telegesis o un módulo X-bee) para enviar la información hacia una unidad de gestión vía cable o de forma inalámbrica. La presencia de una persona se determina cuando el peso estimado es superior a 30 kg, que para este caso específico equivale a 38 kHz. La figura 7 muestra una fotografía del prototipo que incluye el temporizador 555 y el microcontrolador PIC 18F4550. Así como el led que indica la presencia o ausencia de personas sobre el sensor capacitivo.

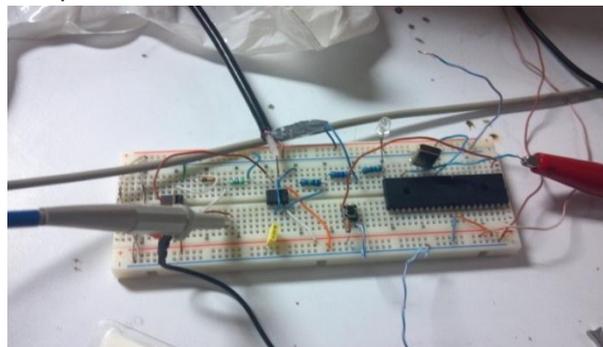


Figura 7.- Prototipo del circuito detector de presencia de personas sentadas.



3. CONCLUSIONES

Es posible implementar un detector de presencia de personas sentadas compacto, de fácil instalación, bajo costo y bajo consumo de energía. El prototipo implementado proporciona una variación de capacitancia de 75 pF a 520 pF y con el convertidor de capacitancia a frecuencia se obtiene una frecuencia de 65 kHz a 10 kHz. La presencia de una persona se determina cuando el peso estimado es superior a 30 kg, que para este caso específico equivale a 38 kHz. El sistema puede distinguir la presencia de una persona de entre diferentes objetos a través de una estimación del peso que se coloca sobre él. Además, puede ser implementado como parte integral de una red inalámbrica de detectores en distintas áreas de aplicación, por ejemplo: teatros, cines, autobuses, aviones y sillas de ruedas.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. David Gallegos, Andrés Aparicio y José Manuel Barrios “**Lesiones faciales y oculares inducidas por airbags**” rescate vial-no 9-1er trimestre 2008 [En línea, Enero 2013]: <http://es.scribd.com/doc/46966686/Danos-producidos-por-Air-bag-tras-accidentes-de-trafico>
- [2].Jesse R. Hollins, “**Vehicle seat belt starter motor interlock and sequential warning system**”, US 3,863,209, (1975). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/3863209>
- [3].Morgan Daniel Murphy, et al., “**Vehicle occupant weight estimation apparatus having fluid-filled seat bladder**”, US 5,987,370, (1999). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5987370>
- [4]. Morgan Daniel Murphy, et al., “**Vehicle occupant characterization method based on sensed occupant weight**”, US 6,246,936, (2001). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/6246936>
- [5].Duane Donald Fortune, et al., “**Vehicle occupant weight estimation apparatus having fluid-filled multi-cell seat bladder**”, US 6,101,436, (2000). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/6101436>
- [6].Duane Donald Fortune, et al., “**Bladder and support structure for occupant weight estimation**”, US 6,490,936, (2002). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/6490936>
- [7].Charles A. Gray, et al., “**Vehicle occupant weight detection system with occupant position compensation**”, US 6,578,871, (2003). [En línea, Febrero 2013]:



<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/searchbool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/6578871>

- [8]. Craig W. White, et al., "**Vehicle occupant weight detection system with occupant position compensation**", US 5,871,232, (1999). [En línea, Febrero 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/searchbool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5871232>
- [9]. Shigeo Kimura, et al., "**Capacitive pressure sensor**", US 5,349,492, (1994). [En línea, Marzo 2013]: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/searchbool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/5349492> 18
- [10]. Duane Donald Fortune, et al., "**Occupant detection method and apparatus for air bag system**", US 6,012,007, (2000). [En línea, Marzo 2013] <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/searchbool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/6012007>
- [11]. David Tumpold, Armin Satz "**Contactless seat occupation detection system based on electric field sensing**", Industrial Electronics, 2009. IECON '09. 35th Annual Conference of IEEE, p-p 1823 – 1828, E-ISBN: 978-1-4244-4650-6
- [12]. Bobby George, Hubert Zangl, Thomas Bretterkieber and Georg Brasseur Senior Member, IEEE "**Seat Occupancy Detection Based on Capacitive Sensing**", Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions, Volume: 58 Issue: 5, p-p 1487 – 1494. ISSN: 0018-9456.
- [13]. Petko Faber, Institute of Photogrammetry, University of Bonn, "**Seat Occupation Detection Inside Vehicles**", 4th IEEE Southwest Symposium Image Analysis and Interpretation Proceedings, Agosto 2002.
- [14]. Pandu R. Rao Devarakota, Bruno Mirbach, Marta Castillo-Franco "**3-D Vision Technology for Occupant Detection and Classification**", Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, 2005.
- [15]. Andrey Makrushina, Mirko Langnickelb, Maik Schotta, Claus Vielhauer, c, Jana Dittmann, Katharina Seifertb, "**Car-seat occupancy detection using a monocular 360° NIR camera and advanced template matching**", 16th International Conference on Digital Signal Processing, 2009.
- [16]. Pieterjan De Potter, Ioannis Kypraios, Steven Verstockt, Chris Poppe, Rik Van de Walle, "**Automatic available seat counting in public rail transport using wavelets**", IEEE Proceedings ELMAR, 2011.
- [17]. Georg Brasseur, "**Capacitive Sensing**" SENSOR+TEST Conference 2009 - SENSOR 2009 Proceedings, [En línea, Enero 2013]: www.ama-science.org/home/getFile/ZGNj
- [18]. Bobby George. Hubert Zangl, Thomas Bretterkieber, "**A method for seat occupancy detection for automobile seats with integrated heating elements**", [En línea, Febrero 2013]: http://journals2.scholarsportal.info/details.xqy?uri=/09244247/v152i0001/1_cpduddiht.xml



- [19]. Bobby George, et al., **“A Combined Inductive–Capacitive Proximity Sensor for Seat Occupancy Detection”**, IEEE transactions on instrumentation and measurement, vol. 59, NO. 5, pp 1463-1469, May 2010.
- [20]. Baxter, Larry K., **“Capacitive Sensors”**, IEEE Press, Piscataway N.J., 1997
- [21]. Ramón Pallás Areny, **“Sensores y acondicionadores de señal”** 4a. ed., Marcombo, Alfaomega, 2007. ISBN: 9789701512316.
- [22]. Ferran Reverter, Ramón Pallás Areny,. **“Direct Sensor-to-microcontroller interface circuits : design and characterization”**, Barcelona ; España : Marcombo, 2005, ISBN 8426713807.
- [23]. Nikolay V. Kirianaki, Sergey Y. Yurish, Nestor O. Shpak, Vadim P. Deynega, **“Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensors”**, New York : J. Wiley, 2002, ISBN 0470843179.
- [24]. Sergey Y. Yurish, **“International Frequency Sensor Association (IFSA)”**, portal [En línea, Marzo 2013]: <http://www.sensorsportal.com/>



SISTEMA DE DEPÓSITO DE PELÍCULA DE CDTE PARA CELDAS FOTOVOLTAICAS

Eloy Antonio Hernández Yañez, Jesús M. Rivas Martínez, Jorge de la Torre y Ramos

Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica

Universidad Autónoma de Zacatecas

eloy.a.hdez@gmail.com, jmrivas@uaz.edu.mx, jorgetorre@rocketmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de tecnología para la fabricación de celdas fotovoltaicas. Se diseñó un reactor de sublimación para depositar películas delgadas de telurio de cadmio (CdTe) en sustratos de vidrio. Partiendo de vidrio con una película de óxido de estaño, se depositó primero una película de sulfuro de cadmio (CdS) por el método de baño químico y sobre esta se depositó la película de CdTe usando el método de sublimación en espacio cercano (CSS). Se realizó la caracterización microestructural de las muestras usando un microscopio electrónico de barrido equipado con un espectrómetro de rayos X. La respuesta óptica y eléctrica se determinó usando un simulador solar y midiendo el voltaje y la corriente. Los resultados experimentales indican condiciones de depósito con las que se obtienen celdas que generan corriente. Sin embargo, los valores eléctricos obtenidos están limitados por la porosidad, la uniformidad y la calidad de la interfase de las películas.

ABSTRACT

In this work, the development of technology to fabricate photovoltaic cells is presented. A sublimation reactor to deposit cadmium telluride (CdTe) thin films over glass substrates was designed. Starting from glass containing a tin oxide film, a thin layer of cadmium sulfite (CdS) was first deposited using the chemical bath method; over this film, a thin layer of cadmium telluride was deposited by the close space sublimation (CSS) method. The microstructural characterization of the samples was performed using a scanning electron microscope fitted with an energy-dispersive X-ray spectrometer. The optical and electrical response was determined using a solar simulator and measuring the generated voltage and current. Experimental results indicate adequate deposit conditions to fabricate cells capable of generating power. However, the electrical values obtained are limited by thin film porosity, uniformity, and interface quality.



1. INTRODUCCIÓN

Con el aumento del desarrollo tecnológico y la dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía, ha sido necesario desarrollar otras fuentes que ayuden a satisfacer las necesidades en el uso y consumo de energía eléctrica sin afectar o generar desechos que alteren el bienestar social, natural o involucre el agotamiento de los recursos naturales disponibles. Actualmente existen tecnologías que aprovechan recursos renovables para la generación de energía eléctrica. La energía solar es un ejemplo de estas tecnologías ya que con el uso de fotoceldas, o celdas solares, se convierte de forma directa la energía proveniente del sol en energía eléctrica. Para poder funcionar, las celdas solares, se fabrican de materiales semiconductores los cuales liberan electrones formando una corriente eléctrica y así permiten aprovechar el recurso solar. De acuerdo a información del INEGI, ANES e INIFAP [1] existe un promedio de insolación en México de 5.6 kWh/día, de acuerdo a estas fuentes, en el estado de Yucatán hay regiones que tienen una irradiación solar de 6 kWh/día, esto motiva a desarrollar tecnología en la fabricación de celdas fotovoltaicas para aprovechar este recurso en la región. Por otra parte, los costos actuales de las celdas solares aún imposibilitan su uso de forma generalizada ya que la recuperación de la inversión es todavía a mediano o largo plazo. Es así que este trabajo se enfoca en elaborar un sistema relativamente económico para la fabricación de celdas solares de bajo costo. Estas celdas solares se fabrican con películas delgadas de sulfuro de cadmio (CdS) y telurio de cadmio (CdTe) [2] depositadas sobre vidrio. Para la fabricación de las celdas primero se obtuvo vidrio con una delgada capa de óxido transparente conductor y sobre esta capa se depositó una película delgada de CdS por el método de baño químico [3,4]. Posteriormente, en un reactor de sublimación, diseñado para este propósito, se depositó una película de CdTe sobre la película de CdS por el método de sublimación en espacio cercano (CSS) [5,6]. La caracterización óptica y eléctrica de las celdas muestra que hay generación de voltaje y corriente. Sin embargo, estos valores son aún muy pequeños. Los parámetros eléctricos pueden estar limitados por una resistencia eléctrica elevada en los contactos de las películas pero principalmente por las características físicas de las películas depositadas tales como su espesor y su morfología, ya que estos parámetros afectan la recombinación de los portadores de carga.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Deposito de la película de CdS

Para el proceso de depósito de la película de CdS por baño químico, se inicia con vidrio que contiene en un lado una película de óxido transparente conductor (adquirido en Sigma-Aldrich Química de Toluca, Edo. de México). Esta capa de óxido conductor consiste en óxido de estaño impurificado con indio. Primero los vidrios se lavan sumergidos en agua desionizada y en baño ultrasónico por 15 minutos, se enjuagan con alcohol isopropílico y se dejan secar. Luego se inicia el proceso de depósito de CdS en el sustrato de vidrio (sobre el lado con óxido conductor) a una temperatura controlada de 75°C usando una solución acuosa que contiene las concentraciones molares siguientes: cloruro de cadmio (CdCl_2) 0.1 M, hidróxido de amonio (NH_3OH) 2.0 M, cloruro



de amonio (NH_4Cl) con 0.2 M) y tiurea ($\text{CS}(\text{NH}_2)_2$) 0.8 M. Se debe de seguir el siguiente orden para la preparación de la solución.

- En un vaso con 50 ml de agua desionizada a 75°C se agrega 5 ml de CdCl_2
- Luego se agrega 10 ml de NH_4Cl
- Después se agrega 30 ml de NH_3OH

Al agregar este último la temperatura descenderá por lo que hay que esperar a tener nuevamente 75°C en el vaso

- Finalmente se agrega 5 ml de $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ y se introduce el sustrato de vidrio.

Al cabo del baño químico se aprecia la película sobre el sustrato, como se aprecia en la fotografía de la figura 1.

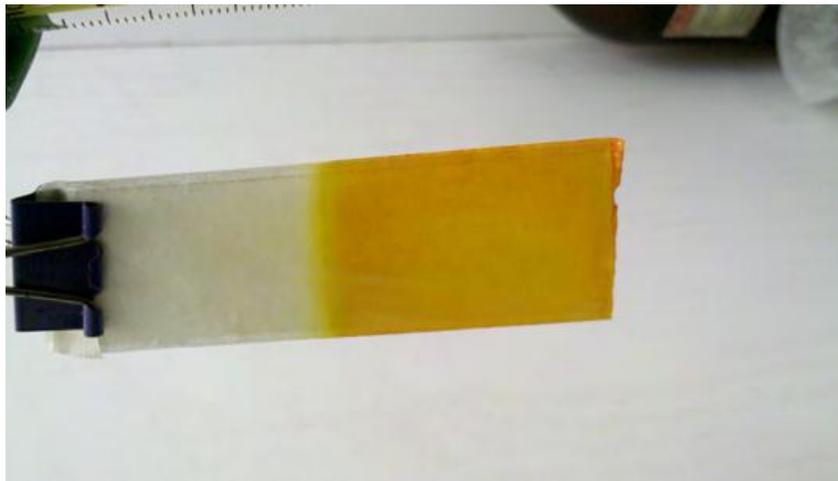


Figura 1. Depósito de CdS en vidrio portaobjeto.

2.2 Deposito de película de CdTe

Para el depósito de la película de CdTe por el método de sublimación de espacio cercano (CSS [5,] por sus siglas en inglés) se diseñó un reactor de cuarzo el cual contiene en su interior el arreglo necesario para que ocurra la sublimación y la condensación del CdTe sobre el vidrio con óxido conductor y con CdS. Se usaron dos placas de grafito para transferir calor tanto a la fuente de CdTe como al sustrato de vidrio. La fuente de CdTe es una placa sólida estequiométrica policristalina de alta pureza (adquirida en Keystone Crystal de Butler, Pensilvania). La figura 2 muestra diagramas esquemáticos del diseño del reactor y el acomodo de la fuente de CdTe, y el sustrato de vidrio colocados entre las placas de grafito y separados por espaciadores de cuarzo de 1 mm de espesor.

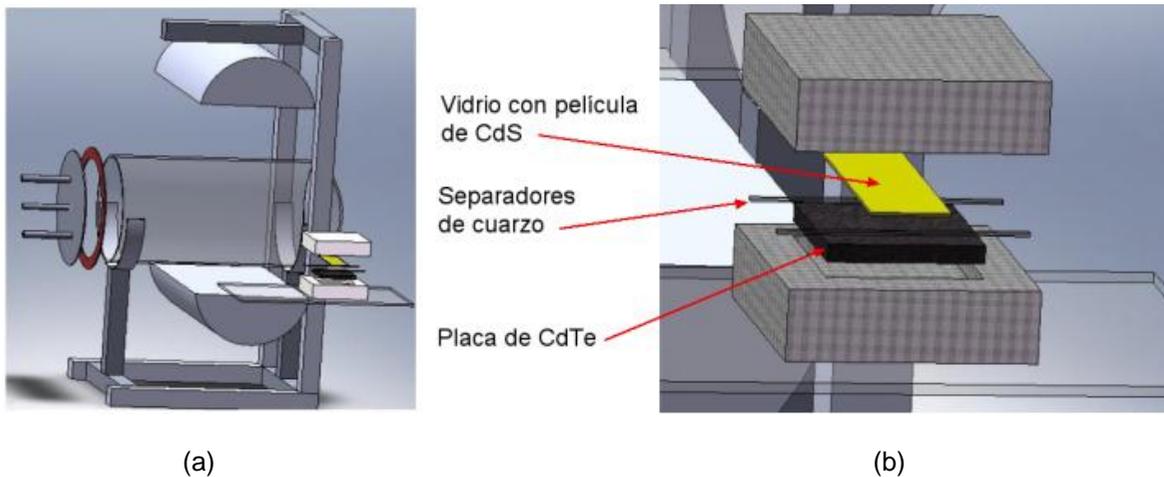


Figura 2. (a) Diseño de reactor de cuarzo y (b) detalle del acomodo del sustrato en el interior.

El desarrollo del depósito de CdTe se inicia de la siguiente forma:

- Se lava el sustrato que contiene la película de CdS en agua desionizada y baño ultrasónico por 10 minutos.
- Se enjuaga con alcohol isopropílico dejándose secar a temperatura ambiente.
- Se colocan la fuente y el sustrato en interior del reactor como se ilustra en la figura 2.
- Teniendo un vacío menor a 1.0 Torr en el interior del reactor se encienden las fuentes de calor del reactor. Las fuentes de calor consisten en varios filamentos incandescentes de halógeno de 500 W cada uno, usados para lograr la temperatura de sublimación del CdTe la cual es superior a los 550°C. La diferencia de temperatura entre la fuente y el sustrato se logró usando 5 filamentos en la parte inferior (fuente) y 4 para el sustrato. Una vez depositada la película de CdTe, se obtuvo el acomodo de películas sobre el sustrato de vidrio que se ilustra esquemáticamente en la figura 3.

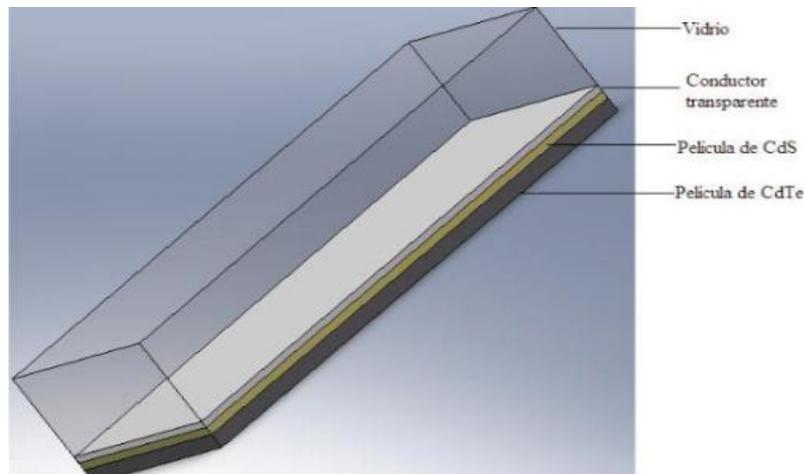
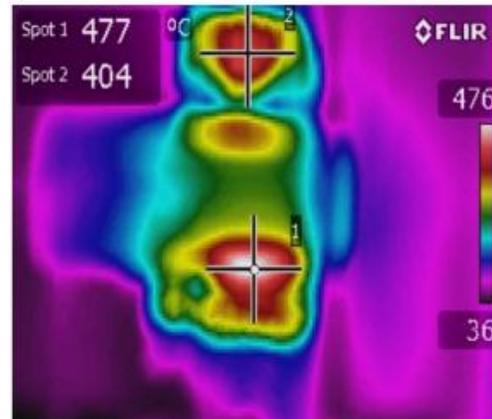


Figura 3. Acomodo esquemático del sustrato de vidrio con las películas depositadas.

La figura 4 muestra el reactor de sublimación en operación durante el depósito de la película de CdTe. La parte (a) ilustra una fotografía del reactor con las fuentes de calor encendidas y la parte (b) muestra el gradiente térmico logrado entre la fuente y el grafito. Esta imagen se obtuvo con una cámara termográfica utilizada para obtener una idea de las temperaturas dentro del reactor.



(a)



(b)

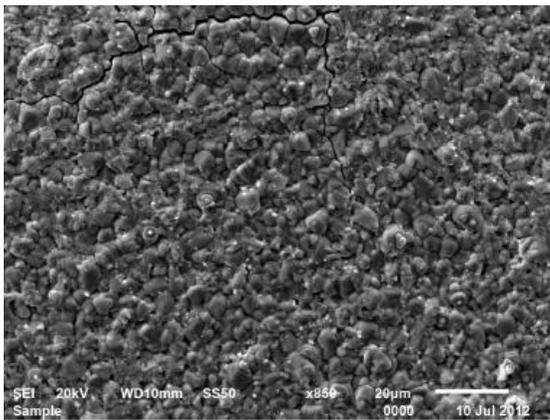
Figura 4. (a) Reactor en operación y (b) gradiente térmico entre la fuente y el grafito.

Finalmente, cuando se realizan los depósitos de las películas de CdS y CdTe, se debe dejar un espacio de la película de oxido transparente conductor sin cubrir ya que es necesario, para las pruebas de respuesta óptica y eléctricas, hacer un contacto sobre ésta película. El otro contacto de la celda se ubica sobre la película de CdTe. Es entre estos dos contactos donde se mide tanto el voltaje como la corriente producida por la celda.

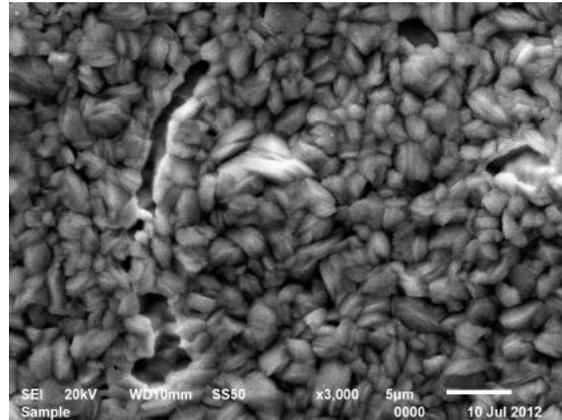
3. CARACTERIZACION DE LAS MUESTRAS

3.1 Caracterización microestructural

La caracterización microestructural de las muestras se llevó a cabo en un microscopio electrónico de barrido el cual permite apreciar características físicas de la película de CdTe. Se puede apreciar la morfología de esta película, su naturaleza policristalina, el tamaño de grano, así como grietas y porosidad en la película [7]. La figura 5 muestra micrografías típicas obtenidas de la película de CdTe.



(a)



(b)

Figura 5. (a) Grietas y (b) poros observados en la superficie de película de CdTe.

Adicionalmente, se determinó el espesor de la película de CdTe el cual fue mayor a lo esperado ya que llegó a tener espesores superiores a los 100 μm , por lo que se ajustó el tiempo de depósito en el reactor de cuarzo para disminuir dicho espesor. También se caracterizó la composición química de la película de CdTe por medio del espectrómetro de rayos X de energía dispersiva del mismo microscopio. Se obtuvieron los resultados que se ilustran en la figura 6 y datos de la tabla 1.

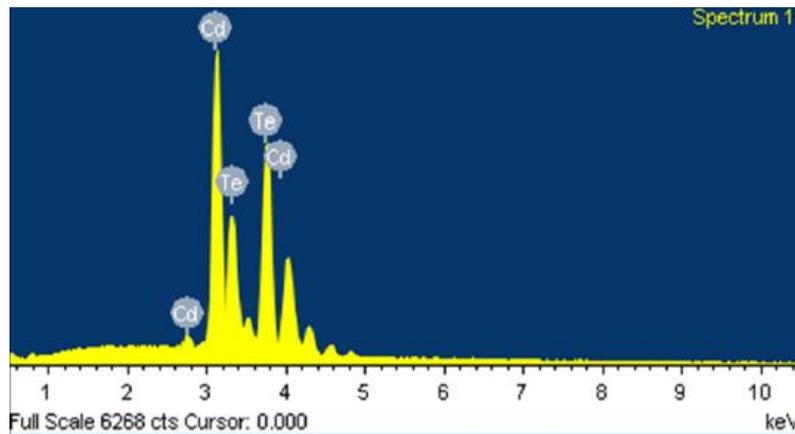


Figura 6. Espectrómetro de rayos X de energía dispersiva sobre la película de CdTe.

Tabla 1

Elemento	Peso %	Átomo %
Cd	47.29	50.46
Te	52.71	49.54
Total	100.00	100.00

Tabla 1. Composición química tomada sobre la película de CdTe.



3.2 Respuesta óptica y caracterización eléctrica

La respuesta óptica y la caracterización eléctrica de las celdas se realizó exponiendo las celdas a la radiación proporcionada por un simulador solar mientras que, simultáneamente, se tomaron lecturas de corriente y voltaje para cada una de las muestras. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Número de muestra	Tiempo de depósito CdTe (min)	Medición de corriente (μA)	Medición de voltaje (mV)
EDC1907A	1:00	30	200
EDC1907C	1:15	31	140
EDC1907D	1:20	72.54	299
EDC1907B	1:30	9	299
EDC1607B	2:00	38	150

Tabla 2. Valores obtenidos en muestras de celdas de CdS y CdTe.

Además, para la muestra de la tabla 2 con los valores más altos de corriente y voltaje (EDC1907D) se obtuvieron las gráficas características de corriente contra voltaje (I-V) y la potencia generada por esta celda. Estos resultados se ilustran en las graficas de las figuras 7 y 8.

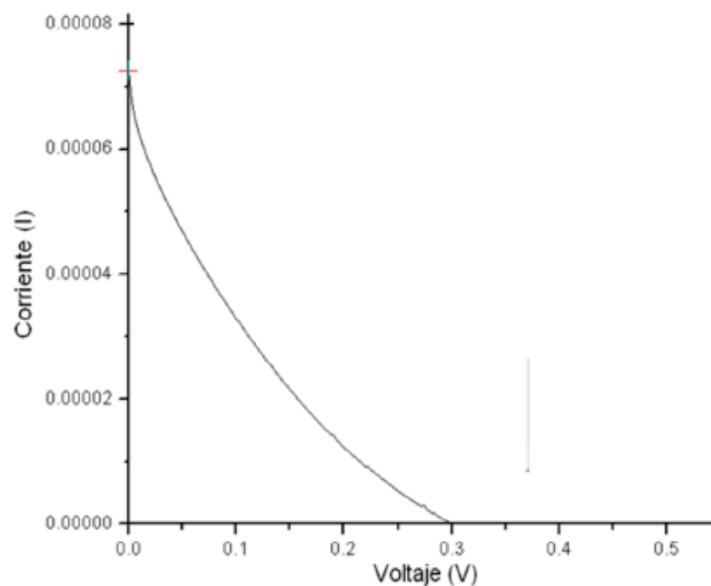


Figura 7. Curva de corriente contra voltaje de la celda EDC1907D.

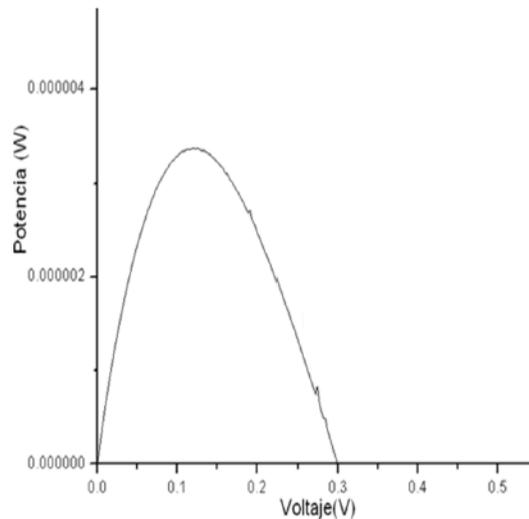


Figura 8. Gráfica de la potencia de la celda EDC1907D con $P_{\text{máx}} = 3.38\mu\text{W}$.

Para estimar la calidad de la celda se realiza el cálculo del área bajo la curva en la gráfica I-V de la figura 7 tomando el área como $A=5.66 \times 10^{-6}$ y se compara con los valores ideales de la corriente de corto circuito (I_{sc}) y el voltaje de circuito abierto (V_{oc}) máximos medidos en un factor de llenado ideal de acuerdo a la fórmula.

$$FF_{\text{IDEAL}} = I_{\text{sc}} * V_{\text{oc}} \quad (1)$$

Haciendo uso de la ecuación 1 y con el valor del área bajo la curva de la gráfica de la celda EDC1907D podemos determinar la calidad de la celda.

$$A = 5.66 \times 10^{-6}$$

$$FF_i = (72.54 \mu\text{A}) (299 \text{ mV}) = 21.68 \times 10^{-6}$$

$$\text{Calidad de la celda} = \frac{100 \cdot 5.66 \times 10^{-6}}{21.68 \times 10^{-6}} = 26\%$$

Para calcular la eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica se utiliza la siguiente ecuación.

$$\eta = \frac{P_m}{(E)(Ac)} * 100\% \quad (2)$$



donde:

η =Eficiencia

P_m = Potencia máxima [W]

E = Irradiación (se considera una constante de 1000 W/m²)

A_c = Área de la celda [m²]

Sustituyendo valores tenemos:

$$\eta = \frac{3.38 \times 10^{-6}}{1000 \times 450 \times 10^{-6}} = 0.7 \times 10^{-3} \%$$

4. CONCLUSIONES

Es posible la fabricación de celdas solares con un método relativamente económico aunque los valores obtenidos son aún muy inferiores a los esperados. Una de las probables causas de estos resultados es la alta resistividad de los contactos eléctricos utilizados para hacer las mediciones eléctricas. Mucho más importantes son las características morfológicas de las películas depositadas. Se intentó disminuir la porosidad incrementando el espesor de la película de CdTe pero esto limitó la corriente generada. Posteriormente se redujo el espesor reduciendo el tiempo de depósito pero esto incrementa la porosidad. Además se observaron grietas en la película y un tamaño de grano pequeño lo cual incrementa el área superficial entre granos. Estos defectos microestructurales promueven la recombinación de los portadores de carga limitando así la corriente generada por las celdas.

REFERENCIAS 1. J. L. Nuñez, “*Diseño e implementación de un prototipo de generación híbrido eólico-fotovoltaico de bajo costo para la aplicación en el sector rural del estado de Zacatecas*”, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Zacatecas, p. 45, abril 2012.

2. . H. J. Möller, *Semiconductors for solar cells*, Artech house, Boston (1993) p. 5.

3. R. Mendoza Pérez, “*Desarrollo de celdas solares prototipo de CdTe con CdS procesado por baño químico*”, Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F., octubre 2007.

4. D. Zubía, C. López, M. Rodríguez, A. Escobedo, S. Oyer, S. Roger, S. Quiñónes y J McClure, J. *Electronic Materials*, Vol. 36, No.12 (2007) p. 1599.

5. D. Bonnet, B. Henrichs, K. Jager, H. Richster, Patente de los Estados Unidos de América No. 5,304,499, 19 abril 1994.

6. A. Sánchez Juárez, 1er Coloquio para el Fomento de Energía Fotovoltaica en México, Zacatecas, Zac. 5 junio 2007.

7. J. D. Beach y B. E. McCandless, *MRS Bulletin*, Vol. 32 (2007) p.225.



1.10 TECNOLOGÍA EDUCATIVA

BANCO DE PRUEBAS PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Marcos Andrés Jiménez Moreno, Reyle Mar Sarao, Jorge Alberto Acosta Alejandro

Universidad Politécnica del Centro (UPC)

ujatmarcos@hotmail.com, reylemar@hotmail.com, jacostalejandro@gmail.com

RESUMEN

La vibración mecánica es la respuesta oscilatoria de un sistema mecánico. La medición de vibraciones mecánicas tiene aplicaciones en varias ramas de la ingeniería tales como aeroespacial, aeronáutica, automotriz, manufactura, petrolera y eléctrica. El tema de vibraciones mecánicas es común a muchas áreas de ingeniería, lo que ha motivado el desarrollo de estrategias didácticas para que el estudiante desarrolle las competencias que le permitirán desempeñarse con eficiencia en el campo de diseño de máquinas o diagnóstico de fallas en las mismas. En el presente trabajo se plantea el diseño y aplicación de un banco de pruebas para la medición de vibraciones mecánicas para su uso en la asignatura "Vibraciones Mecánicas" del programa académico "Ingeniería en Mecatrónica" de la Universidad Politécnica del Centro. La finalidad es proporcionar a los estudiantes los medios para comprender y analizar el estudio de las vibraciones mecánicas con aplicación industrial para el diagnóstico de fallas en maquinaria.

ABSTRACT

The mechanical vibration is the oscillatory response of a mechanical system. The mechanical vibration measurement has applications in various branches of engineering such as aerospace, aeronautics, automotive, manufacturing, oil and electricity. The subject of mechanical vibrations is common to many areas of engineering, which has motivated the development of teaching strategies for students to develop the skills that will allow work efficiently in the field of machine design or diagnosis of faults in them. In this paper is proposed the design and implementation of a test bed for measuring mechanical vibrations for use in the course "Mechanical Vibrations" within the academic program "Mechatronics Engineering" of the Universidad Politécnica Del Centro. The aim is to provide students with the means to understand and analyze the study of mechanical vibrations for industrial application in machinery fault diagnosis.

1 INTRODUCCIÓN

La vibración mecánica es la respuesta repetitiva, periódica u oscilatoria de un sistema mecánico. La medición de vibraciones mecánicas tiene aplicaciones en varias ramas de la ingeniería tales como aeroespacial, aeronáutica, automotriz, manufactura, petrolera y eléctrica. Actualmente existen empresas que ofrecen certificaciones en el análisis e interpretación de las vibraciones



mecánicas, como por ejemplo: EDI- Engineering Dynamics Incorporated y Technical Associates of Charlotte, ambas son empresas de nivel trasnacional y de vital importancia en la formación de especialistas en dicha área, los cuales ayudan a mantener y elevar la calidad de sus servicios en las diversas áreas del sector industrial. Al abordar el tema de vibración mecánica surge el término sistema vibratorio, el cuál es aquel que posee un movimiento oscilatorio que puede ser o no armónico, capaz de almacenar y transformar energía cinética y potencial. El tema de vibraciones mecánicas es común a muchas áreas de ingeniería, lo que ha motivado el desarrollo de estrategias didácticas para que el estudiante desarrolle las competencias que le permitirán desempeñarse con eficiencia en el campo de diseño de máquinas o diagnóstico de fallas en las mismas. La medición de vibraciones se realiza comúnmente con acelerómetros que aprovechan el efecto piezoeléctrico. Este efecto se observa en algunos materiales cristalinos, los cuales producen una corriente eléctrica cuando se les aplica una fuerza sobre su superficie. Básicamente el acelerómetro toma como entrada una fuerza y genera como salida una señal eléctrica, la cual puede ser adquirida para un posterior análisis en computadora, permitiendo la detección de fallas en maquinaria tales como desbalanceo de rotores, desalineamientos, solturas mecánicas y defectos en rodamientos.

El modelo educativo basado en competencias (aplicado en las Universidades Politécnicas) persigue como objetivo el aprendizaje significativo. Para alcanzar tal objetivo, el estudiante debe aprender haciendo. Es en esta búsqueda del aprendizaje significativo donde el análisis y medición de vibraciones permite al estudiante enfrentar situaciones prácticas en las cuales debe aplicar varias habilidades. En la literatura reciente [1], [2], [3] se ha abordado el uso de bancos de prueba para medición de vibraciones con fines didácticos, habilitando al estudiante para observar como los conceptos teóricos aprendidos sobre ecuaciones diferenciales tienen correspondencia con situaciones prácticas en el área de la ingeniería. En el presente trabajo se pretende ofrecer y desarrollar en los jóvenes estudiantes la habilidad de comprender y analizar el estudio de las vibraciones mecánicas con aplicación industrial y mecánica, como por ejemplo en motores de corriente alterna, marchas, alternadores por mencionar algunos.

2 MODELO FÍSICO-MATEMÁTICO DE VIBRACIONES

Los sistemas vibratorios con un grado de libertad son descritos en general por la ecuación diferencial de segundo grado no homogénea [4]:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = f(t), \quad (1)$$

Donde “ m ” es la masa, “ c ” el coeficiente de amortiguamiento, “ k ” la constante de rigidez y $f(t)$ la fuerza externa aplicada al sistema. En el caso general para sistemas de varios grados de libertad, las ecuaciones de movimiento se expresan en forma matricial como [4]:

$$\hat{M}\ddot{q} + [\hat{C} + \hat{G}] \dot{q} + [\hat{K} + \hat{H}]q = Q(t), \quad (2)$$



Con \hat{M} siendo es la matriz de inercia, \hat{K} la matriz de rigidez, \hat{C} la matriz de amortiguamiento, \hat{G} la matriz giroscópica y \hat{H} la matriz circulatoria (\hat{G} y \hat{H} describen, respectivamente, las fuerzas giroscópicas y circulatorias presentes en sistemas vibratorios que giran), \mathbf{q} es el vector de coordenadas generalizadas y \mathbf{Q} el vector de la fuerza externa aplicada al sistema. Todas las matrices anteriores son de tamaño $N \times N$ y los vectores \mathbf{q} y \mathbf{Q} de tamaño $N \times 1$.

2.1 Vibración libre no amortiguada

Este es el caso más sencillo (y el ideal) cuando no hay disipación de energía y no hay fuerza externa aplicada, correspondiendo a la ecuación:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0, \quad (3)$$

Cuya respuesta en amplitud corresponde a una función armónica senoidal (figura 1).

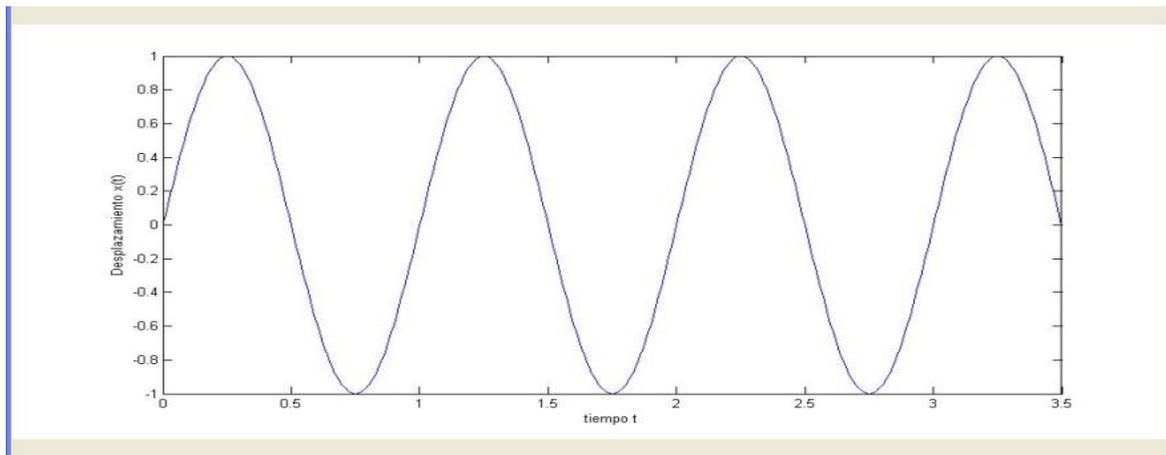


Figura 44: Respuesta normalizada del sistema en vibración libre no amortiguada. El tiempo t se mide en segundos.

2.2 Vibración libre subamortiguada

Este caso corresponde al sistema vibratorio sujeto a pérdidas (fricción o rozamiento) sin que haya fuerzas externas afectándolo, correspondiendo a la ecuación

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0. \quad (4)$$

La amplitud exhibe oscilaciones cuyas amplitudes decaen con el paso del tiempo, siguiendo un comportamiento de *decremento logarítmico*, tal como se ilustra en la figura 2.

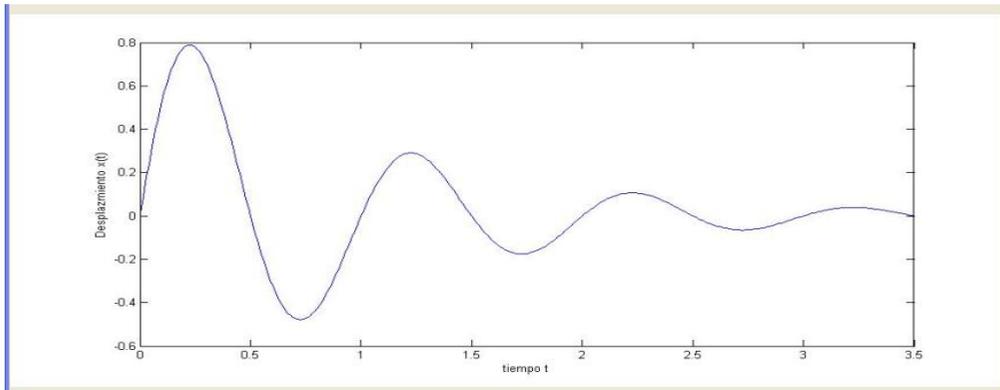


Figura 45: Respuesta normalizada del sistema con vibración libre subamortiguada. El tiempo t se mide en segundos.

Los parámetros del sistema vibratorio subamortiguado, δ (decremento logarítmico) y ζ (factor de amortiguamiento) y T_d (periodo de la vibración con amortiguamiento), definidos como [4]:

$$\delta = \ln \left(\frac{x(t)}{x(t+T_d)} \right), \quad (5)$$

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi/\delta)^2}}, \quad (6)$$

Pueden medirse experimentalmente a partir de una gráfica de amplitud contra tiempo obtenida mediante un acelerómetro y un equipo computacional para adquisición y procesamiento de señales.

3 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

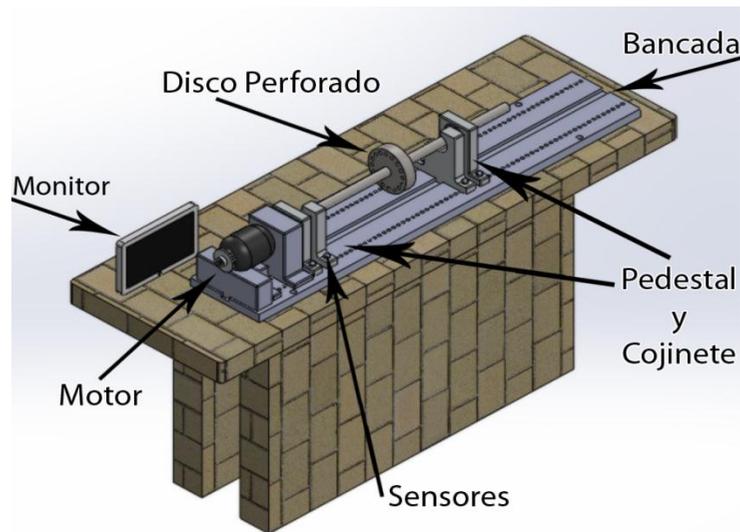


Figura 46: Banco de pruebas

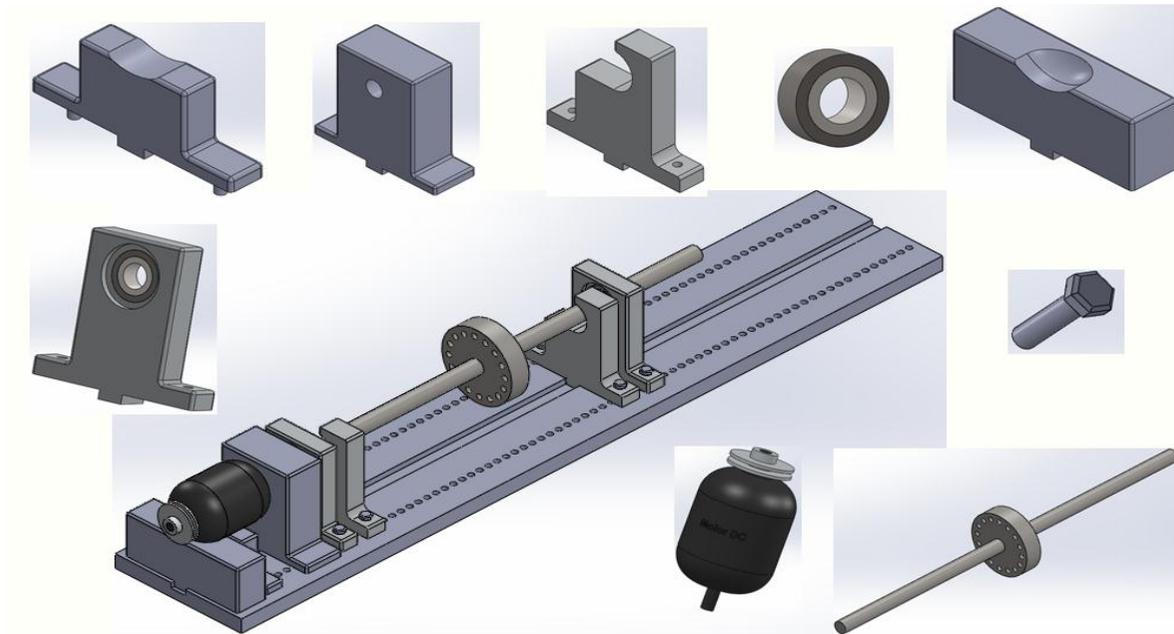


Figura 47: Elementos que conforman el banco de pruebas

Las vibraciones son sensadas por una tarjeta que posee un acelerómetro de 3 ejes ADXL335 de Analog Device, con un rango de sensibilidad de +/- 3g [6].

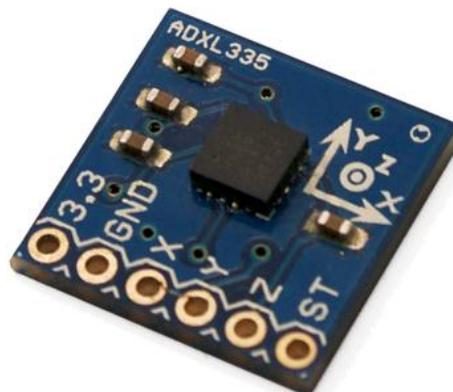


Figura 48: Acelerómetro de 3 ejes ADXL335.

Estos datos sensados son adquiridos por el chipKIT Uno32, la cual es una tarjeta desarrolladora creada por digilentinc en conjunto con Microchip, basada en el open source hardware de Arduino, que ofrece el rendimiento de un Microcontrolador de 32 bits, esta tarjeta conserva la compatibilidad con algunos shields del mismo Arduino. El chipKIT Uno32 (figura 6) contiene un núcleo de 32 bits MIPS(PIC32MX320F128) y una frecuencia de operación de 80MHz, 128 KB



de memoria Flash de programa, 16 KB de SRAM, 42 terminales I/O, conectividad USB, 12 entradas analógicas, voltaje de operación de 3.3V y voltaje de alimentación 7V a 15V [5].

El chipKIT puede ser programado con un entorno basado en el original Arduino IDE, modificado para dar soporte al PIC32, aunque también es compatible con el MPLAB IDE y el PICKit 3.



Figura 49: ChipKit Uno32.

En la figura 7, se muestra las líneas de código programadas en el chipKIT Uno32 para la adquisición y transmisión de los datos muestreados del sensor ADXL335 hacia la computadora para su análisis.

En la figura 8, se muestra una porción del código en MATLAB para la recepción de los datos transmitidos por el chipKIT Uno32. Así como la gráfica de los datos sensados por el ADXL335.



```
ArduinoAdquisicionDatos | Mptide 0023-macosx-20120903

ArduinoAdquisicionDatos §

/* Adquisicion de datos, sensorADXL335 */

definir variables
int out1 = 0;
int out2 = 0;
int out3 = 0;

void setup() {
  // inicializar puerto serie
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  // leer pines
  out1 = analogRead(A0);
  out2 = analogRead(A1);
  out3 = analogRead(A2);
  // enviar
  Serial.print(out1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(out2);
  Serial.print(",");
  Serial.println(out3);
  // esperar
  delay(10);
}

Done compiling.

Binary sketch size: 8040 bytes (of a 126976 byte maximum)

7 chipKIT UNO32 on /dev/tty.usbserial-A6008TNA
```

Figura 50: Líneas de código.

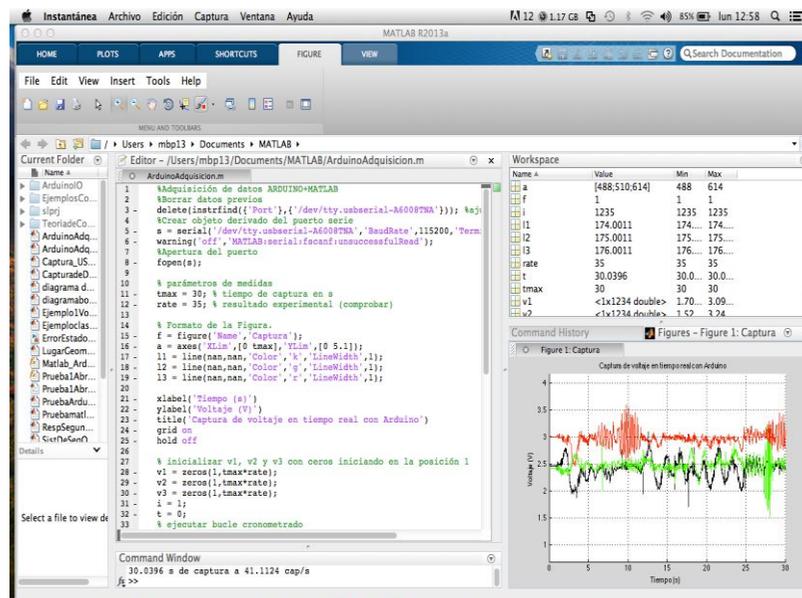


Figura 51: Matlab gráfica y código.



4 ADQUISICIÓN DE DATOS

Dada la existencia de normas que permiten evaluar y conocer la severidad de la vibración dando respuesta a la siguiente pregunta: ¿cuánto es demasiada vibración para una determinada máquina o estructura? Para definir la severidad vibratoria es necesario basarse en el daño específico que ella puede generar.

Los datos que se requieren para su aplicación son en un nivel global de vibración, cuyo rango de frecuencia oscila entre (10 y 1,000) Hz (severidad de la vibración, según ISO). Por ello, cuando se trabaja en mantenimiento predictivo haciendo análisis por frecuencias, puede resultar muy útil definir siempre una frecuencia ISO de 10 Hz a 1KHz, a tener una referencia para posibles informes o reclamos.

El análisis de este rango de frecuencias permite incluir, para estas velocidades de operación, las causas más comunes de vibración en máquinas rotativas:

- ✓ Excitaciones de carácter asíncrono debidas a rozamientos.
- ✓ Desequilibrio del rotor.
- ✓ Excitaciones de carácter eléctrico y sus armónicos.
- ✓ Armónicos de excitaciones asíncronas del rotor

Existen numerosas asociaciones que establecen estándares para evaluar la severidad vibratoria, entre estas, las más importantes son: API, AGMA, etc. que corresponden a grupos industriales, mientras que, ANSI, ISO y VDI, etc. corresponden a organizaciones locales por decirlo de alguna manera (ver tabla I).

Determinando la causa o funcionamiento anómalo de un equipo, surge la gran pregunta ¿Cuánto es una vibración demasiado grande?, nos encamina a recurrir a normas internacionales que representan el conocimiento mundial respecto a alguna materia en particular.

Estas normas están destinadas a analizar ciertos tipos de equipos y bajo ciertas condiciones, por lo que para una planta completa, deberán aplicarse varios estándares distintos.



Tabla I

Estándar	Límite de nivel vibratorio	Parámetro a utilizar	Tipo de maquina
ISO 2372 ISO 10816	Evita degradación por fatiga	Valor RMS de la velocidad vibratoria y del desplazamiento vibratorio RMS en la superficie de la maquina	Maquinas medidas en terreno, solo en partes no rotatorias de ellas.
ISO 7919 VDI 2059	Evita sobrecargas excesivas en metal blanco Evita que los desplazamientos radiales sean mayores	Valor de desplazamiento máximo del eje medido cerca de los descansos	Mediciones hechas directamente en partes rotatorias de la maquina

Tabla I: Normas más utilizadas y sus principales características

5 RESULTADOS

Todas las máquinas vibran, mas sin embargo la forma en que éstas vibran depende de los diferentes tipos de máquinas, el cómo está operando y de los problemas que esta puede tener o presentar durante su funcionamiento.

Una vibración excesiva significa que la máquina está presentando ciertos problemas, generando dos interrogantes: corregir o ignorarlo, si los dejamos sin corregir, finalmente estos problemas podrían causar que algunas partes de la máquina fallen. Una buena operación normalmente hará que la máquina dure mucho tiempo, lo cual traería como resultados una disminución en los gastos de mantenimientos.

6 CONCLUSIONES

El desarrollo del “**BANCO DE PRUEBAS PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES**” cumple el objetivo de cubrir los fines didácticos dentro y fuera de la Universidad Politécnica del Centro y ser equipo de apoyo para la investigación de fenómenos asociados a las vibraciones mecánicas tanto industriales como de las actividades de la vida diaria.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que el sistema de adquisición de datos acoplado al banco de pruebas a través de los sensores y haciendo uso de la tarjeta de “Arduino” se conforma un equipo de prestaciones excelentes para el modelado y simulación de fallas, por ejemplo, las vibraciones en máquinas rotatorias.



7 REFERENCIAS

1. José L. Gómez, Gustavo A. Rodríguez, Jorge E. Torres, Sergio E. Díaz, LACCJEI, **2**, 2, 63-69, (2008).
2. Torres, Jorge, Rodríguez Gustavo y Díaz, Sergio, Revista Ciencia e Ingeniería, **29**, 3, 285-292, (2008).
3. Ortiz Cornejo Julio Cesar, Macías López Gregorio, Martínez Peña Daniel de Jesús, Piña Jara, Miguel Ángel, *Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, "Banco de pruebas didáctico para el análisis de vibraciones", (San Luis Potosí), 485-494, (2011).
4. Balakumar Balachandran, Edward B. Magrab, *Vibraciones* (Cengage Learning, México, D.F.), 66, 116, 121-123, 145-148, (2008).
5. <http://www.digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,892,893&Prod=CHIPKIT-UNO32>.
6. ADXL335 Datasheet.
7. Daza Hernández Gonzalo, Apuntes del curso "Vibraciones Mecánicas", Universidad Técnica Federico Santa María, 2007.



CREACIÓN Y USO DE VIDEO TUTORIALES COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA DE VANGUARDIA EN LA CÁTEDRA UNIVERSITARIA.

M.A.E. Francisco Alonso Esquivel

Instituto Tecnológico de Matamoros

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Instituto Mexicano de Estudios Pedagógicos

alonsofae72@hotmail.com

Resumen:

La creación de video tutoriales en la impartición de la cátedra universitaria coadyuva a la comprensión de procesos de diferentes programas o aplicaciones mediante la utilización de un video explicado para comprender de manera eficiente el uso del mismo dentro del aula. Pero también tenemos ya algunas compañías que se dedican a la creación de video tutoriales en niveles, básico, intermedio y avanzado que podemos utilizar como recursos educativos, y que serán de gran ayuda. Algunos portales de donde pueden hacer uso las universidades o docentes para prepararse pueden ser gratuitos o de paga. Aprender a crear video tutoriales desde la universidad que servirán de ayuda al incorporarse en la empresa propia o como empleado en un futuro cercano para crear entrenamientos o explicaciones estándares. Conocer algunos portales de empresas certificadas en entrenamientos mediante video tutoriales.

Abstract:

Creating video tutorials in teaching university professor contributes to understanding processes of different programs or applications by using a video explained to efficiently understand the use of it in the classroom. But some companies have already engaged in the creation of video tutorials levels, basic, intermediate and advanced that we can use as educational resources, and will be of great help. Some portals where universities can use to prepare or teachers can be free or paid. Learn how to create video tutorials from the university that will assist the company incorporated in itself or as an employee in the near future to create training standards or explanations. Knowing some certified enterprise portals using video training tutorials.

1. USO DE VIDEO TUTORIALES EN EL AULA COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA DE VANGUARDIA.

En la actualidad, la cátedra universitaria está inmersa de estrategias técnico – pedagógicas que coadyuvan al logro de comprensiones temáticas impartidas durante la clase, tanto el uso de aplicaciones especializadas requeridas en cada materia como simuladores, lenguajes de programación, de diseño industrial o artístico, así como la creación de video tutoriales, que, en tal



caso el alumno utilizará dentro y durante su formación, así como, fuera y en una empresa propia o como empleado.

Algunas razones primordiales para considerar el uso de los videos tutoriales son, capacitación estandarizada mediante video, no se requiere el software en el equipo que se toma el entrenamiento (aun así es recomendable), se puede portar a diferentes equipos para verlo, se puede estudiar dentro y fuera de la hora de clase con la garantía de que todos están recibiendo la misma información al momento de capacitarse dentro de una temática específica. La gran ventaja es que los videos tutoriales creados y aprobados por las casas a las que les pertenecen las aplicaciones aprueban dicha capacitación, lo cual es garantía de que se está recibiendo una capacitación autorizada, que igual se puede tomar como estudiante o profesionista, esto es, dentro y fuera del aula, como alumno o como empleado.

Si bien es cierto que uno de los beneficios en crear video tutoriales desde la universidad son que, servirán de ayuda al incorporarse en la empresa propia o como empleado en un futuro cercano para crear entrenamientos o explicaciones estándares, también lo es el hecho de enviar un procedimiento paso a paso en software muy caro que no todos pueden tener, sea por lo costoso o por la especificación del equipo de cómputo que se requiere.

En principio de cuentas las universidades deben invertir en la obtención de video tutoriales realizados por compañías especializadas basados en entrenamientos estandarizados aprobados por las empresas de las cuales se tomarán los entrenamientos.

Algunas de las compañías de paga que desarrollan cursos digitales en la modalidad de video entrenamiento o video tutoriales son:

Lynda: <http://www.lynda.com>

Que contiene 1,491 cursos estandarizados y aprobados por las compañías que representa en las temáticas de: Animación den 3D, Audio, Negocios, Diseño, Desarrollo, Fotografía, Video y Web. Entre los que específicamente podremos encontrar C#, C++, HTML, Maya, Visual Studio, Solid Works, entre muchos otros.

También Video 2 Brain: <http://www.video2brain.com/mx/>

Cuenta con 418 cursos entre los que destacan por temáticas de Programación, Imagen digital/fotografía, Negocios, 3D/CAD, Video/Audio, Mundo digital, E-Learning, Web, Inspiracional/Creatividad, Diseño/Ilustración, tales como Mi primera página con Dreamweaver, Introducción a Flash CS6, Photosop CS6, Autocad 2011entre otros.

Otro recuso es Digital Tutors: <http://www.digitaltutors.com/11/index.php>



Tiene más de 2,500 horas de entrenamiento en línea entre los que podemos obtener entrenamientos de Maya, Photoshop, Illustrator, InDesign Krakatoa, Fusion, After Effects, Cinema 4D, Dreamweaver entre muchos otros.

Así como existen algunos portales de empresas certificadas en entrenamientos mediante video tutoriales de paga, también existen otros que ofertan sus video entrenamientos de manera gratuita, tales como:

Aula Clic: <http://www.aulaclitic.es/index.htm>

Access 2010, CorelDraw X5, Dreamweaver CS6 Nuevo, Excel 2010, Fotografía-Photoshop, Flash CS5, FrontPage 2003, Google Docs, HTML, Illustrator CS4, Internet, OpenOffice 1.1, Outlook 2007, Páginas Web, Photoshop CS, PowerPoint 2010, SQL Server, Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Word 2010 entre otros.

Aula Fácil: <http://www.aulafacil.com>

Páginas Web, Hojas Cálculo. Excel, Diseño, Word, Programación, Power Point, Análisis de Datos SPSS, Bases Datos Acces, Windows, Seguridad Informática en Internet, Edición de videos y animaciones, cursos gratuitos de idiomas incluso Inglés, Francés, Alemán, Italiano, Ruso, Portugués, Chino entre otras.

Otro portal que ofrece entrenamiento en línea es:
<http://www.cambridge.org/us/esl/touchstone/student/index.html>

Un curso gratuito de inglés con la metodología de la Universidad de Cambridge en 12 unidades con sus propios exámenes para auto evaluarse en línea.

Francisco A. Esquivel (2007:61) comenta que “Hoy en día, el título de Licenciatura o Ingeniería no son sinónimo de conocimiento que permita a un egresado tener éxito en el mercado laboral” por lo que el alumno debe obtener más que un título, el conocimiento que pueda aplicar en el campo de trabajo, y partiendo de la premisa de que se requiere trabajo estandarizado tal como herramienta de Lean Manufacturing, el hecho de usar video tutoriales es garantía de que todos los que vean ese video tutorial verán exactamente lo mismo. Y El hecho de desarrollarlos puede tener beneficios dentro y fuera del aula y podemos ser más competitivos, aunado a otras herramientas como uso de simuladores y software especializado.

Antonio Arguelles (2004:85-90) señala que “Hasta nuestros días, los servicios educativos que integran el sistema nacional de educación tecnológica (SNET), han seguido, junto con la educación general, un modelo que pone mayor énfasis en los insumos del proceso educativo, más que en los resultados del mismo”



“En contraste, para los empleadores y los trabajadores lo que importa es el resultado de la capacitación, es decir, el aprendizaje, y no el proceso mediante el cual se efectuó. Lo que parece determinante para las decisiones de contratación y promoción son las aptitudes del trabajador para realizar de manera competente las actividades asociadas a la función productiva”

La OIT en su tema: Formación permanente, nos comenta que: Es necesario aumentar las inversiones en educación y capacitación, en especial en los países en desarrollo. Para que la formación permanente sea una realidad, los países van a necesitar hacer reformas importantes de sus sistemas de educación y capacitación profesional. Para ello se requiere que la capacitación profesional este altamente vinculado con el sector productivo, y desarrollar talleres de prácticas similares a los de la industria para que los estudiantes puedan practicar sus conocimientos y ponerlos a prueba.

2. LA CREACIÓN DE VIDEO TUTORIALES EN EL AULA UN RECURSO EDUCATIVO DE VANGUARDIA.

Tanto el entrenamiento mediante video tutoriales como la creación los mismos garantizan que la persona que toma dicho curso verá exactamente lo mismo que cualquiera que vea el entrenamiento, así como el hecho de que si creamos un entrenamiento podemos asegurarnos que todos los que lo vean tendrán la misma información. Es por ello que para los maestros titulares sería de gran ayuda al tener ya todos sus materiales de la materia a disposición de los alumnos y será cuestión de actualizar el material cada vez que exista una actualización o se necesite. De esta manera incluso se evita la explicación verbal repetitiva en la cual se corre el riesgo de no dar exactamente la misma explicación.

Las aplicaciones para crear video tutoriales tales como Camtasia Studio Profesional de la compañía TechSmith permite grabar lo que se está haciendo en la computadora, agregar videos, música y fotos a una video presentación o tutorial, de tal forma que los maestros pueden incluso grabar con algún dispositivo de video una actividad de laboratorio, y a ese mismo video agregarle más videos o incluso colocar indicaciones en el mismo e incluso un audio con la explicación de la actividad o audio de fondo como ambientación.

Esto hará que los alumnos puedan darse una idea de lo que se desarrollará en la práctica de laboratorio y podemos iniciar con la grabación de la práctica de un grupo y que los siguientes lo vean, y con ello podríamos eliminar los errores de interpretación o comunicación en la comprensión de las instrucciones, dado que se verá en el video con explicación cada uno de los pasos que se deben de desarrollar.



Para TechSmith Corporation (2013) el uso que se le puede dar a la aplicación de Camtasia es:

Record your screen to capture PowerPoint slides, software demos, webpages, and more.

Edit your screen recordings and camera video by cutting, splicing, and combining clips with the powerful, yet easy to use, video editor.

Import camera video, music, photos, and more to truly enhance your screen recordings.

Customize your screen recordings and videos with ready-to-use media themes, animated backgrounds, graphics, callouts, and more.

Create interactive videos with clickable links, table of contents, search, and more.

Easily share videos that your viewers can watch anywhere, on nearly any device.

De esta manera el alumno incluso aprenderá a crear trabajos estandarizados de fácil uso, que podrían ser desde el reemplazo de la carta de proceso por un video explicativo del proceso con imagen en vivo y voz en donde se podrá ver el paso a paso con acercamientos o alejamientos si es necesario, y dicho entrenamiento podrá portarse en un dispositivo de almacenamiento y llevarse para verlo tantas veces sea necesario si la empresa lo permite o atendiendo a las disposiciones legales de las compañías, pero en definitiva dentro de las clases podremos garantizar que todos los alumnos tendrán exactamente el mismo material explicado por el docente o por los alumnos.

De acuerdo con American Learning Media en su publicación 7 herramientas gratis para crear video tutoriales estas son algunas alternativas para conseguir software gratuito:

Aviscreen: permite grabar nuestra pantalla en formato .AVI o bien tomar fotos de nuestra pantalla en formato JPG.

CamStudio: software de video streaming open source o de código abierto que permite grabar nuestra pantalla en formato .AVI. Funciona únicamente con Windows. Totalmente gratuito.

Webinaria: software open source, que permite grabar en formato .AVI y FLV. La principal ventaja es la posibilidad de grabar audio junto al video de nuestra pantalla.

Krut: los videos son grabados en formato quicktime (.mov) y permite grabar audio y un sector específico de la pantalla.

Jing: además de grabar nuestra pantalla, permite tomar fotos de la misma, y subir nuestro video a una cuenta gratuita o bien descargar el mismo el formato SWf.

Otras dos alternativas que permiten grabar una pantalla sin necesidad de descargar o instalar paquetes de software en la computadora sino solo con registrarse son:



Screencast-O-Matic: web basada en Java que permite grabar nuestra pantalla sin necesidad de descargar software alguno.

Y Screen: funciona correctamente tanto en Windows como en Mac. Totalmente gratuito y sin necesidad de descargar nada, permite grabar hasta 5 min con audio.

Unos de los ejemplos que se han elaborado en las clases de quien desarrolla esta investigación las podemos ver en:

<http://www.youtube.com/watch?v=sXPI4jLi7fM>

Video tutorial de un proyecto final de la materia de Simulación, desarrollado por un alumno en Promodel 7.

Tal como dicho ejemplo se puede explicar para todo aquel que lo desee ver, tenga o no Promodel 7, pero que pueda ver un video.

CONCLUSIÓN:

En definitiva el uso o creación de video tutoriales en la catedra universitaria es una tendencia de vanguardia que nos permite utilizar metodologías estandarizadas o crear entrenamientos estandarizados, sea para una clase en una simple unidad o tema, o para la presentación de un proyecto final. La garantía de que no necesitas tener el software es realmente una verdadera opción que será de gran utilidad debido a que algunas aplicaciones o programas son muy costosos y ciertamente necesitamos obtenerlo para aprenderlo, pero también se puede aprender con un video tutorial que cualquiera pueda ver, en donde se demostrará el uso del software lo tengamos o no.

La tecnología educativa evoluciona y la catedra universitaria debería hacerlo con ella, en definitiva la herramienta que integra videos grabados, descargados, fotos, acercamientos y alejamientos, colocar transiciones entre evento al igual que un audio y obtener un formato de video estándar de salida es la forma más estandarizada de las que se pueda contar, incluso se permite colocar efectos dentro del video o comentarios de texto que resaltarán la temática impartida.

La catedra universitaria en definitiva cuenta ya con un gran aliado gratuito o de paga, la Institución y el docente decidirán cuál utilizar.



BIBLIOGRAFÍA

ARGUELLES, A. (2004). Competencia laboral y educación basada en normas de competencia, ed. Limusa, México.

Esquivel, Francisco A. (2007). Libro de resúmenes, V Congreso Internacional sobre historia y perspectivas de las universidades de Europa y América: Universidad y Nación: Historia y Realidad, Tamaulipas, México.

Aula Clic [en línea] <http://www.aulaclic.es/index.htm> [consulta: 6 abril 2013]

Aula Fácil [en línea] <http://www.aulafacil.com> [consulta: 6 abril 2013]

America Learning & Media en Latinoamérica. 7 Herramientas gratis para crear video tutoriales [consulta: 6 abril 2013] <http://www.americalearningmedia.com/component/content/article/69-tester/265-7-herramientas-gratis-para-crear-video-tutoriales> [consulta: 6 abril 2013]

Digital Tutors [en línea] <http://www.digitaltutors.com/11/index.php> [consulta: 6 abril 2013]

English language Teaching [en línea] <http://www.cambridge.org/us/esl/touchstone/student/index.html> [consulta: 6 abril 2013]

Lynda [en línea] <http://www.lynda.com> [consulta: 6 abril 2013]

Organización Internacional del Trabajo (1996-2009). Formación Permanente. [en línea] http://www.ilo.org/global/Themes/Skills_Knowledge_and_Employability/Lifelonglearning/lang-es/index.htm [consulta: 6 abril 2013]

Simulación final [en línea] <http://www.youtube.com/watch?v=sXPI4jLi7fM> [consulta: 6 abril 2013]

Video 2 Brain [en línea] <http://www.video2brain.com/mx/> [consulta: 6 abril 2013]



EL RETO DE APRENDER A MULTIPLICAR –

VIDEOJUEGO DESARROLLADO USANDO XP Y XNA

Huasteco Adrian Pablo, Rojas López Arturo

División de Tecnologías de la Información y Comunicación

Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México

pablo.huasteco@gmail.com

arturo.rojas@utpuebla.edu.mx

Abstract. It's common for young children, it's be very complicated and stressful, adentrarse the world of numbers and even more, that they have an interest in wanting to learn, so, you have to provide a pleasant atmosphere for learning or practice, and that better by a game that has this quality and also arouse great interest. This project presents the development of an educational tool to practice differently multiplication tables, for the creation of software, using a variation of the XP methodology (Extreme Programming) and XNA Game Studio technology; also presents tests with some children, seeking to measure the impact it can have on students and their use in schools.

Resumen. Es común que a los niños de corta edad les sea muy complicando y estresante adentrarse al mundo de los números y más aún que tengan interés en querer aprender, por lo tanto se tiene que ofrecer un ambiente agradable para el aprendizaje o práctica, y que mejor mediante un videojuego que tenga esta cualidad y que además despierte un gran interés. En este proyecto se presenta el desarrollo de una herramienta educativa para practicar de una forma diferente las tablas de multiplicar, para la creación del software, se usa una variación de la metodología XP (Extreme Programming) y la tecnología XNA Game Studio; también se presentan las pruebas realizadas con algunos niños, buscando medir el impacto que puede provocar en los estudiantes y su uso en las escuelas.

1. INTRODUCCIÓN

Una metodología promueve el conjunto de prácticas y métodos que se han de llevar a cabo para lograr un objetivo; en el ambiente computacional se pueden reconocer dos tipos: las que intentan predecir (deterministas o secuenciales) y las que se adaptan al cambio (ágiles). La creación de un videojuego profesional se enfrenta a varias problemáticas, tales como, la rápida y constante evolución de las tecnologías, requisitos cambiantes y difíciles de evaluar, comunicación multidisciplinaria, búsqueda de perfección que lleva a retrasos, y concentración del conocimiento en pocas personas. Realizar mejoras en los procesos y metodologías de desarrollo puede reducir la problemática involucrada en la creación de un juego. Por lo anterior, en la sección siguiente se describe el ajuste realizado a la metodología XP para la elaboración de un plan de trabajo desarrollado en la generación de un videojuego educativo, enfocado en practicar las tablas de



multiplicación, con el fin de crear una herramienta didáctica que ayude al docente para tener al estudiante motivado en un ambiente agradable, tal como se encuentra documentado en [1]. La tecnología de Microsoft *XNA Game Studio* 3.0 [2] permite la creación de videojuegos proporcionando un conjunto de programas predefinidos que se integran al entorno de desarrollo de *Visual Studio*, una característica importante es que su uso es libre, permitiendo que los programadores o aficionados de videojuegos experimenten con la creación de un juego al reunir elementos clave del desempeño de un videojuego, tales como, imágenes, movimiento, sonido, texto, uso del teclado, etc.; el lenguaje de programación C# es usado para generar las instrucciones que ejecuta un programa XNA. El resultado de todo esto es tener una forma accesible para crear programas que representen un videojuego que se ejecute en una computadora personal o en la consola Xbox, también durante el desarrollo del presente artículo se comentan las funciones clave de la programación del videojuego. Finalmente, se presentan algunas evidencias del uso de la herramienta educativa y una propuesta del impacto que tiene en sus jugadores.

2. DESARROLLO

2.1 Ajuste de la Metodología de Desarrollo XP

Como ya se ha mencionado, el proyecto de videojuego tiene el objetivo de aprender y practicar las tablas de multiplicar para alumnos de escolaridad primaria, principalmente alumnos de tercer grado, a partir de esta idea se toma la decisión de realizar el software para evaluarlo en la Escuela Primaria “Profesor: Librado Labastida Navarrete” a cargo del director de la Institución el Lic. Fernando Candela Bello, quien representa al cliente, el alumno Pablo Huasteco, realizó el contacto con el director de la primaria, así como con el profesor del grupo. La aplicación de los cinco valores de XP, son ubicados en el siguiente contexto.

Comunicación: el asesor del proyecto, Arturo Rojas, del alumno, Pablo Huasteco, está en constante comunicación docente-alumno, de hecho, Pablo trabaja en el mismo cubículo en un horario establecido. El director de la primaria, es el contacto para establecer el día de visita frente a grupo para la evaluación y retroalimentación del videojuego propuesto, en promedio, una vez al mes se realiza la presentación.

Simplicidad: el videojuego está planeado en un ambiente 2D, Pablo usa los conocimientos adquiridos durante una previa capacitación de XNA 3.0. Se utilizan los elementos básicos de XNA con el fin de generar una conducta esperada del juego, los escenarios son de realización sencilla, una oportunidad a futuro es trabajar con un diseñador gráfico.



Retroalimentación: desde la primera visita frente a grupo, el factor más importante fue la retroalimentación, pues permite valorar la calidad del juego; ofrece nuevas ideas y se puede verificar que se cubra la actividad de practicar la multiplicación, además de las conductas indicadas por el bloque del juego a evaluar.

Respeto: el trabajo realizado por el alumno, la asesoría ofrecida por el docente y la retroalimentación con el cliente, se llevan a cabo en un ambiente de respeto y reconocimiento de la aportación individual al proyecto.

Coraje: no existe un antecedente de algún proyecto desarrollado por algún alumno bajo estas condiciones de actividad extra-clase, además de invertir tiempo extra de estudio y práctica, el alumno ha puesto su mejor empeño en realizar el proyecto.

Las prácticas empleadas son las siguientes bajo las acciones indicadas.

Probar primero: a través de una lluvia de ideas asesor-alumno, se creó la historia del juego; las conductas esperadas del videojuego, se concibieron como módulos separados que primero se probaban antes de ser integrados al prototipo.

Programación por pares: cuando el alumno solicita asesoría para la realización de una conducta en el juego, dicha asesoría lleva a desarrollar una práctica donde docente-alumno desarrollan el código que genere la conducta deseada.

Un paso sustentable: la integración de conductas en el juego se implementa después de ser evaluada en un ambiente independiente, cada día se reporta un objetivo alcanzado.

Diseño simple: a pesar de poder hacer muchas mejoras visuales del juego, se opta por la simple pero efectiva en el impacto del usuario.

Pequeños entregables: al final de una conducta programada del juego por el alumno, ésta se presenta al asesor para su evaluación, al cabo de cuatro semanas el avance se presenta frente al grupo de primaria.



Continua integración: apertura a agregar ideas no comentadas durante el diseño de la historia del juego. Durante la retroalimentación frente a los niños las propuestas del jugador se agregan para la siguiente visita.

Propiedad de código colectiva: las bibliotecas de clase, regiones de código, métodos y código fuente son de uso común al asesor y alumno.

Codificación estándar: se llevan a cabo las mejores prácticas de programación para una lectura fácil del código generado.

Involucrar al cliente: establecido el contacto con el director de la primaria, profesor y alumnos, su participación contribuye al desarrollo de un videojuego atractivo y útil para los niños.

3. DESCRIPCIÓN DEL VIDEOJUEGO

El videojuego está basado en el tiro al blanco, como en una feria, la idea es que los niños puedan aprender-practicar las tablas de multiplicar mediante este juego, sin tener que estresarse por aprender de manera repetitiva, que a la mayoría de los niños les provoca poco interés. Los objetivos del alumno en el juego, son pasar cada una de las tres fases que contiene cada nivel del juego, son diez niveles; así como alcanzar un alto puntaje de los premios que obtiene al disparar adecuadamente, los objetivos del maestro son observar cómo el alumno va adquiriendo habilidades para resolver las multiplicaciones que van surgiendo en cada fase del juego, de esa manera mientras el niño juega aprende.

Al inicio del juego se le pedirá al alumno que elija la opción de crear un nuevo jugador o ver perfiles, es decir, abrir su historial de juego, la Figura 3.1 muestra la pantalla mencionada.



Figura 3.1. Opción de nuevo jugador o ver los perfiles



Como en cualquier otro juego se crean perfiles de los jugadores, por lo tanto el alumno ingresara su información para que pueda jugar, la Figura 3.2 muestra la pantalla donde se alimenta la información del jugador.



Figura 3.2. El alumno ingresa sus datos (Nombre y su Nickname)

En caso de que ya se encuentre su perfil, solo tendrá que elegirlo y continuar. La Figura 3.3 ilustra la forma de seleccionar un perfil almacenado.



Figura 3.3. Selección de su perfil

La opción de los perfiles se creó con la finalidad de guardar los datos del juego, para que posteriormente pueda jugar en otra ocasión y conservar su puntaje. El juego comienza, y se muestran en la parte superior central tres premios, solo uno de ellos puede seleccionar el jugador, cada uno tiene un valor numérico; la Figura 3.4 representa la escena principal del juego.



Figura 3.4. Selección de uno de los tres premios

Posteriormente, comienzan a salir de la parte derecha de la pantalla una fila de 5 figuras de animales, cada uno tiene un valor numérico y solo hay que disparar a uno de ellos con el fin de seleccionar el primer número que forma el producto adecuado para obtener el valor numérico del premio seleccionado; la Figura 3.5 muestra el momento en que pasa la primera fila de las opciones de disparo, cuya acción se realiza con el clic del ratón.

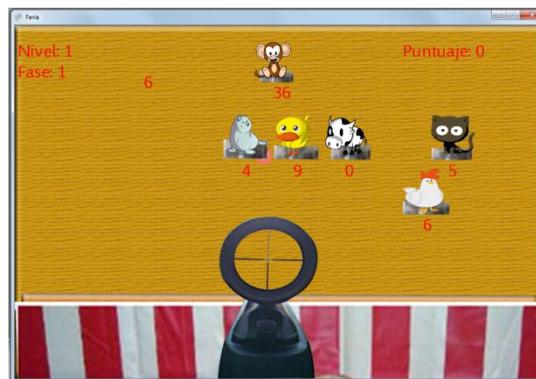


Figura 3.5. La primera fila de animales sale de la parte derecha de la pantalla

Posteriormente del lado izquierdo de la pantalla sale otra fila de 5 animales con la misma idea de dispararle solo a uno, la Figura 3.6 ilustra la conducta descrita anteriormente.



Figura 3.6. La segunda fila de animales sale de la parte izquierda de la pantalla



Como se mencionaba anteriormente, la idea es que el primer valor numérico del animal al que se disparó en la primera fila, se multiplique con el segundo valor numérico del animal al que se disparó en la segunda fila, para así tratar de obtener el resultado del premio que se escogió. La Figura 3.7 muestra que con base a los dos disparos realizados, el producto es adecuado; con ello el puntaje del jugador aumenta y pasa a la segunda fase del nivel 1; de esta manera se pretende agilizar la habilidad de hacer multiplicaciones.



Figura 3.7. Conducta del juego con el producto adecuado

El videojuego consta de 10 niveles con 3 fases cada uno, si el resultado de la multiplicación es correcto entonces pasa a la siguiente fase de lo contrario se queda en la misma fase y nivel, para pasar al siguiente nivel debió de haber pasado las tres fases ganando en cada una de ellas, por cada nivel en que se encuentre jugando ira aumentando la velocidad en la que los animales pasaran, haciendo un reto el juego y por lo tanto más entretenido, no es necesario que el usuario pase todos los niveles para terminar el juego, ya que creo su perfil anteriormente, lo cual le da acceso a guardar sus datos.

4. CÓDIGO CLAVE DEL VIDEOJUEGO

Definición de una estructura que contiene los estados que tendrá el juego, en cada estado se realizan diferentes acciones, por ejemplo, en el primer estado se muestran los créditos de los desarrolladores, la presentación del videojuego, las instrucciones; ya que el juego permite guardar datos en el estado nivel se muestran todos los perfiles guardados, otro estado es para crear un perfil, en el estado juego se desarrolla el ambiente del mismo y el resto de los estados son para guardar el juego y el perfil de jugador.

Se define un estructura con los datos en común de las imágenes de disparo, por ejemplo, cada objeto de disparo (animales) contiene una imagen 2D, dos sonidos: uno normal y otro al momento de dispararle, una dimensión dentro del juego, sus coordenadas y una velocidad cuando cruza a través de la pantalla y cuando tiende a caer después del disparo.



Se crea la clase perfil para definir las características o propiedades que tendrá cada jugador que ingrese su información (Nombre, Id, Nivel y fase de juego, Fecha del último juego y un puntaje).

Se define la clase DatosPerfiles para que se puedan guardar los datos del jugador a través de un proceso de serialización de datos.

Cuando el juego inicia el método Posicion_Original_Disparos es invocado para colocar la posición inicial de las imágenes tanto para los premios como para los objetos de disparo (animales), este método también es llamado por cada fase o nivel que el jugador pasa.

El método GenerarAleatorios es para asignar a un arreglo los diferentes valores de premios, es decir, cada vez que sea una nueva fase o nivel de juego, cambian los valores de los premios, de esta manera no será aburrido tener que seleccionar el mismo valor de premio. Los valores de los premios se obtienen de manera aleatoria.

El método obtSolu, es llamado cada vez que se selecciona un premio, lo que este método hace es obtener todas las soluciones del producto y las envía a un arreglo para después asignar los valores a los objetos a disparar, de esta manera se asegura que siempre habrá soluciones por cada premio seleccionado.

CambiarNivel es un método que recibe como parámetro un número entero, en este caso es el nivel en el cual se encuentra el jugador, lo que el método hace es asignar el siguiente nivel de juego y la nueva velocidad para los objetos de disparo. Por ejemplo si el jugador terminó el nivel 2, este método asignará el nivel 3 y una nueva velocidad.

CambiarFase es un método que recibe como parámetro un número entero, en este caso el número entero hace referencia a la fase en la cual se encuentra el jugador, por ejemplo, si el jugador está en la fase 2, este método le asignará la siguiente fase de juego, la fase 3, en caso de que el jugador pase la fase 3 podrá pasar de nivel, es en ese momento en el cual se hace llamado al método comentado anteriormente "CambiarNivel"

5. USO DE LA HERRAMIENTA EDUCATIVA

Una métrica empleada para valorar la calidad de sistemas interactivos es la usabilidad, entendida como "la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser satisfactorio para el usuario, en condiciones específicas de uso" [3]. La jugabilidad extiende el concepto de



usabilidad, definida por [4] “como el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener de forma satisfactoria y creíble, ya sea solo o en compañía”. Los atributos considerados para medir la jugabilidad del presente proyecto son:

Aprendizaje. Facilidad para comprender y dominar el sistema y la mecánica del videojuego.

Efectividad. Tiempo y recursos necesarios para ofrecer diversión al jugador mientras este logra los objetivos propuestos en el videojuego y alcanza su meta final.

Satisfacción. Agrado o complacencia del jugador ante el videojuego y el proceso de jugarlo.

Motivación. Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y a persistir en ellas para su culminación.

Socialización. Atributos que hacen apreciar el videojuego de distinta manera al jugarlo en compañía, ya sea de manera competitiva, colaborativa o cooperativa.

El uso de la herramienta educativa frente a grupo se realizó de la siguiente manera: La dinámica del videojuego se aplicó a 30 alumnos del tercer grado grupo “B”, de los cuales 15 eran niños y 15 eran niñas, inicialmente se realizó un evaluación para tener referencia del nivel en el cual los alumnos se encontraban, la evaluación consto en un examen de 20 multiplicaciones, en las cuales el producto no rebasaba del número 100, el tiempo que se asignó para realizar el examen fue de 25 min es decir se asignó 1.25 minutos por multiplicación. La figura 5.1 muestra el momento en que los alumnos realizan la actividad de evaluación.



Figura 5.1. Etapa de evaluación



La Tabla I muestra los resultados obtenidos de la evaluación realizada. El promedio general del grupo es de 7.25, la menor calificación: 2.00, la mayor calificación: 10.00; tomando como referencia aprobatoria el 6.00. Alumnos aprobados: 22 y alumnos reprobados: 8. Los primeros 5 mejores tiempos son los indicados en la Tabla II.

La mayoría de los alumnos utilizaban la forma tradicional de resolver las multiplicaciones, es decir, al reverso de la hoja escribían el multiplicando y lo sumaban el número de veces que le exigía el multiplicador, por ejemplo:

$$3 * 5 = 15; 3+3+3+3+3=15$$

Después de la evaluación, se realizó la presentación del videojuego, todos los alumnos se emocionaron al escuchar la palabra “videojuego”, posteriormente cada uno de los alumnos paso a jugar, en el transcurso del juego se mostró trabajo colaborativo, ya que una de los objetivos en la trama del juego es obtener el mejor puntaje posible, en este caso los alumnos se apoyaban como un equipo, de tal manera que su puntaje aumentara y no que disminuyera, para lograr este objetivo trataban de tomar premios con valores más altos, de esta manera si los alumnos ya contaban con el conocimiento, lo reforzaban y practicaban.

El tiempo que se asignaba a la multiplicación que el alumno tenía que resolver dependía de la velocidad del nivel en el cual se encontraba; de esta manera el alumno va adquiriendo agilidad para resolver multiplicaciones en tiempos más cortos. Por ejemplo, si el alumno resolvía una multiplicación en 54 segundos, después de jugar y practicar en el videojuego disminuía el tiempo en ocasiones de hasta en 20 segundos. La tabla III, muestra un comparativo entre el tiempo asignado por el juego para resolver la correcta multiplicación y el empleado por el jugador.

Al finalizar el juego, los alumnos dieron su opinión respecto a la experiencia que tuvieron, en sus argumentos mencionaron que les agrado la dinámica del juego, el puntaje era una buena opción porque los motivaba, tenían conocimiento de que el videojuego además de ser divertido y entretenido también es para aprender, en otros casos cuando el alumno tenía una operación errónea, aparecían las soluciones, de esa manera el alumno obtenía retroalimentación, les llamo la atención la dificultad del videojuego, porque de esa manera es más interesante y divertido jugar, también existió entusiasmo individual como general.

El profesor Hilario a cargo del grupo mencionado, estuvo satisfecho con los resultados obtenidos: entusiasmo y participación de los alumnos, mostrando interés en proyectos futuros con el mismo objetivo de aprender jugando, tales como: suma, resta y división.

Con base a la presentación realizada, a continuación describen los resultados obtenidos de los atributos mencionados para medir la jugabilidad:

Aprendizaje: Todos los alumnos comprendieron la forma de jugar el videojuego sin la necesidad de largas explicaciones, al inicio cuando de la parte superior de la pantalla aparecen y se deslizan los 3 premios, los alumnos infirieron que se tenía que seleccionar un premio, para hacer dicha acción, lo que hicieron fue tomar el ratón de la computadora, seleccionar y dar clic con el botón derecho sobre la imagen que ellos querían, después los 2 premios restantes se deslizan hacia la parte superior y desaparecen comenzando la conducta programada para disparar, donde los niños buscan obtener el producto adecuado. El siguiente paso para los alumnos fue disparar a uno de



los 5 animales de la misma manera como seleccionaron el premio, solo que con el clic izquierdo, no tuvieron problemas porque el videojuego está programado para que solo le disparen a un animal por fila, después se volvió algo tan natural para los alumnos, porque solo seleccionaban un premio y trataban de disparar a dos animales de tal manera que la multiplicación de la cantidad de las dos opciones pudiera obtener el producto del premio seleccionado.

Total Multiplicaciones: 20			
Multiplicaciones Contestadas	Multiplicaciones No contestadas	No. Aciertos	Calificación*
20	0	20	10
20	0	20	10
20	0	20	10
20	0	19	9.5
20	0	19	9.5
20	0	19	9.5
20	0	19	9.5
20	0	19	9.5
20	0	18	9
20	0	18	9
20	0	18	9
20	0	17	8.5
20	0	17	8.5
20	0	17	8.5
20	0	17	8.5
19	1	17	8.5
20	0	15	7.5
19	1	14	7
20	0	13	6.5
20	0	12	6
15	5	12	6
14	6	12	6
20	0	11	5.5
20	0	9	4.5
19	1	9	4.5
17	3	9	4.5
11	9	8	4
20	0	7	3.5
6	14	6	3
10	10	4	2
*2 Aciertos equivalen 1 punto			

Tabla I. Resultados de la actividad de evaluación.



Género	Tiempo	Calificación del examen
Niña	5:40 min	10.00
Niña	6:00 min	9.50
Niña	7:57 min	10.00
Niño	9: 53 min	9.00
Niño	10:10 min	9.50

Tabla II. Valor de los mejores tiempos de la evaluación

Nivel Juego	Tiempo(seg.) por multiplicación	Tiempo(seg.) para obtener el primer factor de la multiplicación
1	54.85	27.425
2	27.79	13.895
3	18.83	9.415
4	16.14	8.07
5	15.21	7.605
6	13.77	6.885
7	12.56	6.28
8	11.28	5.64
9	11.02	5.51
10	10.89	5.445

Tabla III. Comparación de tiempos de respuesta ante la multiplicación

Efectividad: La forma en que el videojuego atrapo la atención de los alumnos fue que cada vez que ellos pasaban a un nuevo nivel, en este incrementaba la velocidad en la cual los animales se desplazaban, haciendo el juego más interesante y entretenido, convirtiéndose de esta manera en un reto para ellos, porque en cada nivel aparte de contestar de la manera correcta, tenían que apresurarse para alcanzar a disparar a los animales del videojuego.



Satisfacción: Los alumnos mostraron una actitud positiva al videojuego, ya que les agrado que se mostraran imágenes de animales y el manejo de sonidos correspondiera con los que produce el respectivo animal, el videojuego maneja dos tipos de sonidos para los animales; el primero normal (ladrido, maullido, etc.), para el momento en el cual los animales salen, el segundo en el momento en el cual le disparan a uno de los animales del videojuego.

Motivación: Para lograr la motivación del alumno se muestra en la parte superior derecha de la pantalla el puntaje, este se obtiene a partir del premio seleccionado, es decir, si el alumno realizaba la multiplicación de manera correcta al puntaje se le sumaba el valor del premio, pero si la multiplicación era errónea entonces al puntaje se le restaba el valor del premio seleccionado, es así como los alumnos seleccionaban los premios más altos para tener un alto puntaje; después podrían comparar sus resultados de puntaje en el historial de usuarios que quedaba registrado, por lo tanto generaban competitividad.

Socialización: Durante el trascurso de la dinámica de videojuego hubo participación individual como grupal, pero se comenta la participación grupal, ya que los alumnos se comportaron y actuaron como un equipo, es decir, mientras un alumno pasaba, los demás sugerían los nombres de los animales a disparar, todo el grupo estaba motivado por que el puntaje aumentara, por lo tanto sugerían premios con valores altos, cada alumno dio su mejor desempeño.

El aprendizaje en el juego es elevado, para el niño es satisfactorio aprender a jugarlo, desarrollar lo aprendido dentro del juego, es decir, aprender a multiplicar.

Otras medidas de calidad usadas específicamente para videojuegos son: ISO 25010 o ISO/IEC-9241, pero se usó la medida de jugabilidad debido a que considera una valoración cualitativa del producto de software.

6. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un videojuego con el fin de tener una herramienta educativa, que estimule el aprendizaje de las operaciones aritméticas, en este caso la multiplicación. Se realizó una adecuación de la metodología de desarrollo XP con el fin de tener una guía en la creación del producto de software. Debido a la complejidad de la conducta del videojuego, se comentaron las secciones de código clave que se escribieron en el entorno de desarrollo XNA, finalmente, con las pruebas frente a grupo, se puede concluir que el videojuego es atractivo para los niños ya que juegan, se divierten, se crean retos y al mismo tiempo aprenden; por otro lado se tiene presente que el aprendizaje es el objetivo del desarrollo realizado. Las conclusiones anteriores se obtienen a partir de medir los atributos de aprendizaje, efectividad, satisfacción, motivación y socialización, que proporciona la jugabilidad como medio para medir la calidad del producto de software.



7. REFERENCIAS

1. Dr. Patrick Felicia, *Videojuegos en el aula: Manual para docentes*, (European Schoolnet, Bélgica), 7-9, 2009
2. Rob Miles, *Microsoft XNA Game Studio 2.0: Learn Programming Now!*, (Microsoft Press, USA), 61-262, 2008
3. F. Moya, C. González, D. Villa, S. Pérez, M.A. Redondo, C. Mora, F. J. Villanueva, M. García. *Desarrollo de Videojuegos: Técnicas Avanzadas*, (Bubok, Ciudad Real), 1-8, 2012.
4. J.L. González. *Jugabilidad: Caracterización de la Experiencia del Jugador en Videojuegos*. PhD thesis, Universidad de Granada, 2010.



EL USO DE LA SIMULACIÓN EN EL AULA COMO FACTOR DETERMINANTE EN LA COMPRENSIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS.

M.A.E. Francisco Alonso Esquivel

Instituto Tecnológico de Matamoros

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Instituto Mexicano de Estudios Pedagógicos

Alonsofae72@hotmail.com

Resumen:

Actualmente las empresas requieren optimizar el uso de sus recursos al momento de asignarlos, es por ello que la simulación ofrece una gran área de oportunidad siempre y cuando se conozca la información referente al proceso a simular. De nada sirve un simulador si se desconocen las variables que integran el proceso, o peor aún, si se desconoce el proceso como tal. La simulación en el aula implica el tener una proyección de los valores a considerar en la implementación de un proyecto, sea éste Kaizen, Kanban etc., o cualquier reingeniería que se trate de implementar. Las aplicaciones como PROMODEL, SIMUL8 y FLEXSIM ofrecen una gran variedad de herramientas para el análisis de la información, ya que estos buscan de manera eficaz visualizar y optimizar todos los procesos incluyendo los de producción con el fin de encontrar los parámetros de mayor eficiencia antes de iniciar la implementación de un proyecto.

Abstract:

Businesses today need to optimize the use of resources to allocate time, which is why the simulation provides a wide area of opportunity as long as you know the information regarding the process to be simulated. Simulator is useless if unknown variables involved in the process, or worse, if you know the process as such. The simulation in the classroom involves having a projection of the values to be considered in the implementation of a project, whether Kaizen, Kanban etc., Or reengineering concerned to implement. Applications such PROMODEL, Flexsim SIMUL8 and offer a wide variety of tools for the analysis of the information, because they seek to efficiently visualize and optimize all processes including the production in order to find more efficient parameters before begin implementation of a project.

1. LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN EL AULA.

Simular es ver el comportamiento futuro de las variables consideradas dentro de un entorno determinado, el cual sin gastar un sólo centavo nos permitirá conocer el resultado estimado y hacer ajustes en el proyecto antes de ni siquiera gastar en un tornillo y así optimizar tanto la asignación de recursos como el tiempo de la implementación.

El conocer los aspectos básicos de la simulación de procesos de manufactura implica conocer al menos los beneficios de los Simuladores Promodel, Simul8 y Flexim, que si bien nos ayudarán a tener una perspectiva y visión de planeación e implementación basada en la simulación de procesos, también nos agudizan los criterios a utilizar dentro del aula, y previo a la inserción en el



campo laboral. Si bien es conocido que los beneficios de la simulación son el ahorro de tiempo y costo en la implementación de un proyecto. Ayuda en gran medida conocer cómo se comportaran las variables en un escenario específico obteniendo una estimación de los resultados. Conocer el software que se utiliza para la simulación de procesos. Conocer las herramientas incorporadas que se integran en los simuladores como soporte a Seis Sigma.

El estudiante en el aula de cualquier universidad en el mundo puede no conocer de manera física una nave de manufactura, pero si, realizar simulaciones lo más apegado a la realidad.

Si bien es cierto es imposible que alguna universidad cuente con todo el equipo y maquinaria que contienen todas las empresas, bien puede tener talleres que simulen ciertos procesos en específico, pero aun con ello es limitado para las prácticas que se deben realizar.

La simulación ofrece una gran gama de variantes en equipo y personal asociado a un proyecto específico y determinado.

El docente debe tener los modelos teóricos que permitan comprender situaciones tales que ayuden a reflexionar un caso, proyecto o problema planteado dentro del aula. En tal caso los estudiantes podrán analizar una situación desde diferentes perspectivas. Todo con la finalidad de reducir riesgos en las fases de implementación reduciendo costos, optimizando recursos para identificar áreas de mejoras.

Dentro de la simulación de eventos discretos podemos plantear situaciones con variables específicas, tales como cualquier proceso que sea susceptible de modelar, desde la fila de hormigas hasta una planta de producción completa, para dichas situaciones es indispensable conocer de manera teórica los eventos y variables que de ella emanan.

Harrell, Charles *et al* (2003: 109-117) ayudan a comprender no sólo promodel como tal, sino que ofrecen criterios tales como definir los objetivos de la simulación, requerimientos del proyecto e incluso algunas razones por las cuales una simulación puede fallar, y con estos criterios tanto el alumno como el docente pueden tener una guía en la elaboración de una modelación de procesos.

Robert E. Shannon Mencionado en Coss Bú, Raúl (1998:12) argumenta que simulación es el proceso “de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.” Es por ello que el uso de software en las Universidades es indispensable para modelar o simular problemas con una metodología tal que nos permita solucionar eventos específicos, mediante:



Definición del Sistema, Formulación del Modelo, Colección de los datos, Implementación del modelo con la computadora, Validación, Experimentación, Interpretación y la Documentación.

García Dunna, Eduardo *et al* (2006:132) argumenta que Promodel “Es el área de trabajo donde se definirán el modelo y todos sus componentes. En este módulo se programa todo lo que tiene que ver con las relaciones entre las variables del modelo, tanto contadores como relaciones lógicas, flujos” aunado a las actividades a realizar y los ciclos de producción. Y es por ello que la teoría que va implícita en la materia debe tener relación con la lógica que habrá de desarrollar el alumno para comprender en entorno de la simulación y no sólo introducir los simuladores sin las bases necesarias para su perfecta comprensión y análisis de las temáticas que se abordarán mediante la simulación.

Es por ello que los procesos productivos que se analizarán deben ser apegados a la realidad para que la simulación sea lo más apegado a un proceso real y de esta manera ayudemos a los alumnos a comprender tanto el proceso productivo, como el análisis del mismo proceso.

2. SIMULACIÓN CON PROMODEL.

Sin más, claramente podemos ver entre otros el ejemplo de Simulación de una celda contestando algunas preguntas planteadas en el portal de Promodel:

¿Qué capacidad tenemos en piezas por hora? ¿Cuál es el tiempo de entrega? ¿Cuál es el tiempo de ciclo? ¿Cuál es el Takt Time? ¿Cómo nos afecta el diseño de turnos en la celda de manufactura? ¿Podemos meter un producto nuevo a la línea? ¿Cuál es el impacto de los tiempos de preparación? Fuente: <http://www.promodel.com.mx/videos/celda2.html>

Para Promodel (s.f.) Si bien “ProModel es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Puedes simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamble, corte, talleres, logística, etc.” Que en tales casos el docente debe conocer previamente para su implementación y modelado en el aula. También tenemos que “Puedes simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado.” En tanto se conozcan de estas teorías para su aplicación dentro del salón de clase o en el laboratorio. “Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo” y para tal efecto se requiere la experiencia del docente, que ayudará al docente a construir conceptos y criterios tales que permitan hacer un análisis de la simulación, debido a que “El módulo de optimización nos ayuda a encontrar rápidamente la solución óptima, en lugar de solamente hacer prueba y error. ProModel cuenta con 2 optimizadores disponibles y permite de esta manera explotar los modelos de forma rápida y confiable.” Pero debemos saber cómo utilizarlos.



Entre algunos Beneficios clave del simulador Promodel podríamos mencionar “Único software de simulación con Optimización plenamente integrada. Creación de modelos rápida, sencilla y flexible.

Modelos optimizables. Elementos de Logística, Manejo de Materiales, y Operaciones incluidas. (Bandas de transporte, Grúas Viajeras, Operadores).” Que si bien algunas empresas los tienen y otras no, en definitiva podremos elegir únicamente los que necesitamos.

Entre las aplicaciones con las que cuenta la compañía Promodel tenemos:

Promodel: Software de Líneas de Producción, Justificación de Capital, entre otras aplicaciones.

Process Simulator: es un simulador de diagramas de flujo, hechos previamente en Visio de Microsoft.

Service Model: Software de Simulación y Optimización para Sistemas de Servicio. Diseño y Planeación de la Capacidad en empresas o procesos de Servicio.

Med Model: Software de Simulación y Optimización de Hospitales, Clínicas y Procedimientos de Trabajo en ambiente de Hospitales.

3D Animator: es un Post-Procesador para Animar los modelos creados en Promodel, Medmodel y Servicemodel en Promodel.

Sim Runner: Software para Optimizar los modelos creados en Promodel, Servicemodel, Emodel y Medmodel. También incluye el Cálculo del período de Warm Up y número de réplicas, así como la longitud de la corrida.

OptQuest: nos ayuda a optimizar los modelos creados con ProModel, ServiceModel y MedModel con algunas ventajas adicionales al SimRunner.

Stat Fit: Software para Ajuste de Curvas y Análisis Estadístico de los Datos de Entrada y Salida para la Simulación.

Orchestrate: es una gran herramienta para programar y optimizar la producción.

Algunas Aplicaciones de Process Simulator incluyen: Re-Ingeniería de Procesos de Negocio.

Construye un modelo del sistema Actual y del sistema Futuro, y entiende los impactos cuantitativos que tendrá el cambio rápidamente. Predice los requerimientos de recursos rápidamente, inversiones de capital, tiempos de proceso, niveles de servicio.

LEAN Manufacturing y Value Stream Mapping: Captura los diagramas de Value Stream Mapping en Visio y entiende el efecto de los cambios antes de la implementación, analiza las mejoras de



productividad usando simulación. Realiza análisis de sensibilidad para entender cuál de todos los proyectos LEAN generará el mejor retorno sobre la inversión.

Proyectos de Seis Sigma: Prueba el impacto de la variabilidad en un proceso y analiza el impacto de reducir la variabilidad en la métrica utilizando el Visio combinado con el ProcessSimulator.

Todos los conceptos vertidos son sin duda alguna términos que se utilizan en las empresas, y es por ello que también en el aula deben aplicarse los simuladores de procesos para contribuir no solo a su uso, sino a la implementación de proyectos que ayuden tanto al alumno como a la empresa.

3. SIMULACIÓN CON FLEXSIM.

Para FlexSim (s.f.) el software se concibe asimismo como un programa de simulación que “permite visualizar y probar cambios en las operaciones y los procesos de producción, logística, manejo de materiales y servicios de la manera más rápida y sencilla” para quienes conocen del proceso “evitando los altos costos, riesgos y extensos tiempos que conllevan el experimentar con cambios en el mundo real y su análisis por prueba y error.” Para lo cual el software permite cambios en las variables, en tantas ocasiones sea necesario mientras que conozcamos las métricas que deseamos alcanzar moviendo de manera coherente los valores hasta determinar el modelo adecuado para nuestra empresa. Para tal efecto al sistema de clases por proyectos será el adecuado, debido a que en las empresas se comprende un movimiento de una celda o departamento como un evento que debe repercutir de manera eficiente los procesos productivos de una empresa.

Por otro lado también permite analizar diferentes “escenarios y condiciones, encontrando la solución más conveniente, todo esto en un ambiente gráfico en tres dimensiones (3D), con los últimos avances en tecnología que facilita la comunicación y comprensión de las ideas para una acertada toma de decisiones.” Es por ello que al término de la ejecución de la simulación se presentarán “Gráficas, reportes y estadísticas presentan los resultados del modelo de simulación de una manera clara y precisa.”

Cabe mencionar que el uso de un simulador permite una “facilidad de uso, permite rápidamente construir modelos complejos de la forma más sencilla y rápida posible, sin necesidad de conocimientos de programación.” En tanto se comprendan los términos relacionados a la temática que se aborda en la clase, lo cual realmente facilitará o perjudicará la forma en que se utilice el simulador.

Cabe mencionar que el alumno no necesariamente debe estar frente a las máquinas, aun cuando es lo correcto, pero el enfoque de la simulación permite analizar sin costo alguno, movimientos en la operación del negocio, en tanto se conozcan los datos que repercutirán o involucran el evento a analizar.



Aunado a ello mediante la simulación se “Identifica cuellos de botella, analiza costo beneficio de un proyecto conociendo si una inversión es conveniente, prueba rápidamente diferentes escenarios para encontrar la forma más eficiente de trabajar.” Y es por ello que el estudiante universitario debe enfocarse ya en este tipo de estudios, que ayudarán a su crecimiento como futuro profesionalista, debido a que también se puede “medir el nivel de servicio, hacer un costeo de la operación, definir capacidades, balanceo de líneas, tamaño de Kanban, evaluar si la automatización se justifica, probar los conceptos de Lean Manufacturing” y es por esto que los docentes deben darles la teoría que se requiere para comprender en definitiva lo que se vive en una empresa, porque de nada sirve que se pueda “encontrar el nivel óptimo de inventario y diseñar el mejor layout y probar cualquier otra idea que puedas imaginar.” Si el alumno no comprende de qué se le está hablando.

El uso de los simuladores es un detonante previo o posterior a las prácticas o residencias profesionales, que permitirán al alumno comprender de una mejor manera los procesos productivos, pero es indispensable. Y no solo porque al simular se “Elimina el desperdicio. Al analizar un sistema con un modelo de simulación bien construido obtendrás los datos relevantes para descubrir y eliminar el desperdicio. Incrementa la utilidad. Descubre las mejoras.” Sino porque son herramientas que se están utilizando hoy en día en las empresas y las universidades deben crear estudiantes altamente competitivos que utilicen las aplicaciones que el mercado laboral demanda. Para ello “Los gráficos en 3D ayudan a las personas de tu empresa o a los clientes a visualizar y comprender el nuevo proceso o el cambio propuesto. Los reportes y estadísticas de FlexSim te permiten hacer una excelente toma de decisiones.” Pero es indispensable contar con este software o cualquier otro simulador para educar a los futuros profesionistas y prepararlos en la toma de decisiones y que puedan tener una excelente forma de convencer y comunicar. “Así como no debes clavar un clavo con un desarmador tampoco uses una hoja de cálculo como un software de simulación.” Aun cuando algunos de ellos ya tienen interfaces para trabajar con otras aplicaciones. Por su parte “Since its introduction in 2010, the textbook Applied Simulation, Modeling and Analysis using FlexSim has become an integral part of college and university curriculums throughout the world.” Esto indica que se puede descargar tanto la información para estudiantes como para educadores dentro del portal de Flexsim, el cual ayudará con el uso correcto de la aplicación.

4. SIMULADOR SIMUL8.

De acuerdo con Simul8 (s.f.) “After a 1 hour lecture to introduce simulation, students can build and run their first simulation. An onscreen tutorial guides students through the process.” Y con esta ayuda de video tutoriales es más fácil de comprender, pero también se cuenta con las lecturas que se pueden descargar en el portal de Simul8.

Este software en especial ofrece “Free Student Licenses for work off campus. Free copy of SIMUL8 Professional for you the Tutor. Free support for registered tutor. Free Student Workbook, see an evaluation version here. Free Upgrades forever.” Esto con el pago del costo de licenciamiento para la Universidad. Este simulador en específico ofrece áreas adecuadas para la



educación, es por ello que "SIMUL8 is a powerful tool which allows you to focus on teaching simulation without being too distracted by software idiosyncrasies. In particular, its graphical interface is quite intuitive and its animation capabilities are very useful to develop intuition." Aunado a ello "When selecting a practical and versatile tool for our students, who have a diverse formative background and attend a variety of different courses, SIMUL8 was the natural choice for our business school" Es por ello que pre seleccionar el simulador correcto para comprar e introducir en las aulas es indispensables, independientemente de el costo, por las facilidades que ofrezca apegados a la educación. No obstante un estudio de Mercado determinará el software ideal para capacitar a los alumnos para un campo laboral existente y que espera a profesionistas con ese perfil.

5. CONCLUSIÓN:

En la era digital no se concibe la idea de la clase meramente explicativa o por dictado, la educación cambiante y evolutiva advierte nuevas formas de transformar la educación mediante tecnología de punta tal como los simuladores de procesos de manufactura, que ayudan tanto al docente como al dicente a comprender de una mejor manera los eventos dentro de una empresa y para tales motivos el uso de simuladores dentro del aula son ya un factor determinante para la toma de decisiones y la comprensión de los procesos productivos con la ayuda y soporte del material dentro de la materia facilitada por el catedrático en turno, educar para el desempleo no es opción ante una demanda de profesionistas altamente capacitados con herramientas computacionales que ya se están utilizando en las empresas y que podrían ser utilizados en las universidades para y por el bien de los alumnos.

BIBLIOGRAFÍA:

Coss Bú, Raúl (1998). Simulación: Un enfoque práctico, Limusa: Noriega, México.

García Dunna, Eduardo *et al* (2006). Simulación y análisis de sistemas con Promodel, Pearson Education, México.

Harrell, Charles *et al* (2003). Simulation using Promodel: International edition, McGraw Hill, Singapore.

Flexsim in Education [en línea] <<http://www.flexsim.com/textbook/>> [consulta: 6 abril 2013]

Promodel Academic [en línea] <<http://www.promodel.com/academic/#videos>> [consulta: 6 abril 2013]

Simulador Flexsim [en línea] <<http://www.flexsim.com.mx/>> [consulta: 6 abril 2013]

Simul 8 Educational [en línea] < http://www.simul8.com/education/teach_simulation.htm> [consulta: 6 abril 2013]

Software Promodel [en línea] <<http://www.promodel.com.mx/software.php>> [consulta: 6 abril 2013]



EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE APOYADAS EN HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

M.C. Erica María Lara Muñoz¹, M.S.I. Rogelio Reyna Vargas²

Instituto Tecnológico Superior de Alvarado Veracruz

¹emlm@itsav.edu.mx, ²rogreyna@itsav.edu.mx

RESUMEN

Desde la elaboración de una línea de tiempo, un cuadro comparativo o un mapa conceptual, hasta un proyecto integral, requieren de la utilización de software y aplicaciones diversas a fin de generar un producto adecuado; que muchas veces requiere del trabajo en equipo, de la colaboración y del uso y manejo acertado de la tecnología. Estos productos académicos como evidencia puede llevarse a cabo haciendo uso de diversas herramientas tecnológicas, convirtiéndolas en un poderoso aliado para el fortalecimiento del aprendizaje y como apoyo en la formación y desarrollo de competencias.

Este documento propone el uso de un conjunto de herramientas tecnológicas que faciliten la elaboración de diversas evidencias de aprendizaje, fomentando la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, manejo y presentación de la información o temática requerida. Entre muchas otras herramientas se plantea el uso de: Voki, Xmind, Tagxedo, CmapTools, Jcllic, Glogster, Educaplay.

ABSTRACT

Since the elaboration of a line of time, a comparative graphic or conceptual map to comprehensive project requires the utilization of software and different applications to generate an adequate product that too much time requires of team job, of the collaboration and the use of the technology. These academic products like evidence can be carried out using different technologic tools, turning it into a powerful ally for the strengthening and the learning and like support in the formation and development of competencies.

This document propose the use of a technologic ser tools that can make easier the elaboration of different evidences of knowledge, encouraging the use of technologies of information and the communication for the search, managing and presentation of the information or topic require. Among other tools can be the use of: Voki, Xmind, CmapTools, Jcllic, Glogster, Educaplay.



1. INTRODUCCIÓN

Ante un acelerado avance científico y tecnológico, sustentado en la generación, acopio del conocimiento y en la profesionalización, que influyen significativamente en los contenidos y enfoques educativos, se vuelve cada vez más imprescindible la adopción de las herramientas tecnológicas en la educación. A raíz del Modelo Educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales, que dentro de sus aspectos contempla el alcance de las competencias reflejado en la realización y documentación de las evidencias de aprendizaje y considerando que dichas evidencias de alguna forma fomentan la colaboración, la comunicación y la gestión de información diversa, es aquí donde el uso de diferentes herramientas tecnológicas para el diseño y elaboración de las evidencias, propicia el desarrollo de habilidades de colaboración, comunicación y manejo de información.

Debido a las exigencias del modelo, los profesores debemos incorporar herramientas tecnológicas en el modelo de enseñanza, lo que involucra una selección e incorporación de las mismas en las planeaciones didácticas, de tal forma que los estudiantes puedan lograr sus competencias, esto involucra el estudio de cada una de las herramientas, de acuerdo al tipo de evidencias que se requiera que desarrolle el estudiante para la obtención de sus competencias.

2. EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

El aprendizaje es concebido como un proceso espiral, –es decir, en evolución y complejidad ascendente– de carácter sociocultural y psicológico, requiere del quehacer intelectual ya que de éste depende la incorporación cognitiva de elementos de la realidad. El pensamiento y el lenguaje, son medios de expresión del intelecto y mecanismos que hacen posible la interiorización y abstracción de experiencias. El proceso de aprendizaje, conlleva a la gestión de información, a expresarse a través de un lenguaje oral y escrito, a la socialización, a la formación humana, a crear un pensamiento complejo y reflexivo, para mejorar un desempeño social y académico adquiriendo conocimientos en diversos contextos y de esta forma aprender a aprender. [1]

En el nuevo modelo educativo por competencias, deben existir productos de aprendizaje a través de los cuales se identifiquen las competencias obtenidos por los estudiantes. Definiendo estos productos de aprendizaje como “las evidencias que tendrán que desarrollar los estudiantes para acreditar sus aprendizajes. Estos se diseñan por cada una de las competencias, o bien pueden ser integradores, que desarrollan diversos procesos relacionados con más de dos competencias o que pueden estar incluidas en una o más asignaturas [2]”.

Como se observa, todo lo anterior involucra la generación de una serie de evidencias que dan cuenta tanto del mismo proceso de aprendizaje como del nivel de desempeño alcanzado, y que permiten a su vez, una evaluación continua.



2.1 Tipos de evidencias de aprendizaje

Se pueden distinguir de manera general las evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales, las cuales otorgan sentido educativo en conjunto y de manera relacional entre ellas, por lo que la integración de las mismas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, aportan un valor significativo en la educación.

“El proceso de formación de las evidencias implica lograr avances y cualificación en el terreno de la sensibilidad, la autonomía, la inteligencia y la solidaridad, esferas estas que remiten a las dimensiones cognitivas, actitudinales y procedimentales de las acciones que se realizan como parte del desempeño... Si las dimensiones del accionar son cognitivas, actitudinales y procedimentales, entonces se requieren evidencias de cada una de esas dimensiones; de ahí que se aluda a evidencias de desempeño, de conocimiento y de producto [3]”. Por lo que Ruíz enuncia a las evidencias de esta manera y las define como se exponen a continuación [4]:

- **Evidencias de desempeño**

Son pruebas en torno al manejo que el sujeto hace de procedimientos y técnicas para realizar una actividad o tarea o para resolver un problema. En el desempeño los sujetos deben poner en acción recursos cognitivos (del conocer), recursos procedimentales (del hacer) y recursos afectivos (del ser); todo ello en una integración que es evidencia que no se está frente a un hacer por hacer, sino en una actuación que evidencia un saber hacer reflexivo.

- **Evidencias de conocimiento**

Estas se proyectan en dos vertientes:

- La forma en cómo se están comportando los niveles de competencia a nivel interpretativo, argumentativo y propositivo. Frente a determinados problemas.
- El conocimiento y comprensión de conceptos, teorías, procedimientos, técnicas y todo aquello que evidencia que el desempeño no ha sido casual.

- **Evidencias de producto**

En estas evidencias, no se trata de que el estudiante entregue una actividad por entregar, sino que la evidencia sea congruente entre contexto de aprendizaje y contexto de aplicación, es decir, debe existir el logro de correspondencia entre lo que se enseña y lo que se aprende. Las evidencias de producto están implicadas en las finalidades de la competencia, por tanto no es cualquier producto, sino aquel que tiene que ver con el campo de acción y los requerimientos del contexto de aplicación.

Sin embargo Tobón [5], realiza una clasificación más puntual de los tipos de evidencias, enunciándolas como evidencias de conocimiento, de hacer, de ser y de producto. La tabla I, ejemplifica estos tipos.



Tabla I

Tipo	Ejemplos
Evidencia de conocimiento	<ul style="list-style-type: none">▪ Pruebas escritas abiertas▪ Pruebas escritas cerradas▪ Pruebas orales▪ Ensayos
Evidencias de hacer	<ul style="list-style-type: none">▪ Audios y videos▪ Testimonios▪ Registro de observaciones
Evidencias de ser	<ul style="list-style-type: none">▪ Registro de actitudes▪ Pruebas de actitudes▪ Autovaloración▪ Sociodramas
Evidencias de producto	<ul style="list-style-type: none">▪ Documentos de productos▪ Proyectos▪ Informes finales▪ Objetos▪ Creaciones▪ Servicios prestados

Tabla I. Tipos de evidencia según Tobón

Como se observa, las evidencias de aprendizaje las pueden llamar con nombres distintos de acuerdo al autor, sin embargo, estas deberán estar presentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y obtener los estudiantes a través de ellas, sus competencias profesionales.

3. HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

La Tecnología de la Información y Comunicación, ha propiciado que un sin número de herramientas tecnológicas, ahora se deban integrar en la educación para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de las competencias de los estudiantes; algunas de estas herramientas entre muchísimas más, pueden ser: Voki, Xmind, Tagxedo, CmapTools, Jcllc, Blogster, Educaplay, las cuales se describirán brevemente a continuación.



3.1 Voki

Voki es el nombre denominado a personas que hablan, el usuario solo debe escribir un texto y la herramienta permite seleccionar el personaje ideal para su animación. Con el Voki el estudiante podrá ejecutar alguna actividad de resumen, síntesis, ensayo, etc., o cualquier tipo de actividad que le permita ejecutar un diálogo.

El voki como el de la figura 1, se crea en línea desde el sitio <http://www.voki.com/>, y el estudiante podrá personalizarlo, eligiendo un fondo, el tipo de ropa, paisaje, voz, idioma, acento de la voz, personaje, etc., este voki además se puede agregar a un sitio web copiando el código embebido o link que genera la aplicación, este voki o Avatar, se puede enviar a un amigo a través de diversas redes sociales como twitter, facebook, myspace, blogger, yahoo, Messenger, entre muchas otras.

El estudiante se divierte al hacer el voki y sin que él lo sepa, está desarrollando una competencia al seleccionar la información necesaria para el desarrollo de su actividad.



Figura 1. Voki

3.2 Xmind

Esta es una herramienta que proporciona la generación de mapas conceptuales, mapas mentales y múltiples gráficos como el diagrama de fishbone y otros, con Xmind el estudiante puede organizar sus conocimientos y tareas. La herramienta está disponible desde el sitio <http://www.xmind.net/> por lo que se puede descargar libremente ya que es un programa de tipo Open Source. Un ejemplo de mapa conceptual haciendo uso de la herramienta, se presenta en la figura 2.



3.4 CmapTools

Herramienta que permite elaborar mapas conceptuales, los cuales ayudan a comprender textos, acentuar los puntos más importantes de algún tema estudiado o jerarquizar conceptos, se utilizan para transmitir claramente las ideas. La herramienta se puede descargar de <http://ftp.ihmc.us/> ya que es una herramienta de software libre. Un ejemplo de un mapa conceptual realizada con CmapTools se muestra en la figura 4.

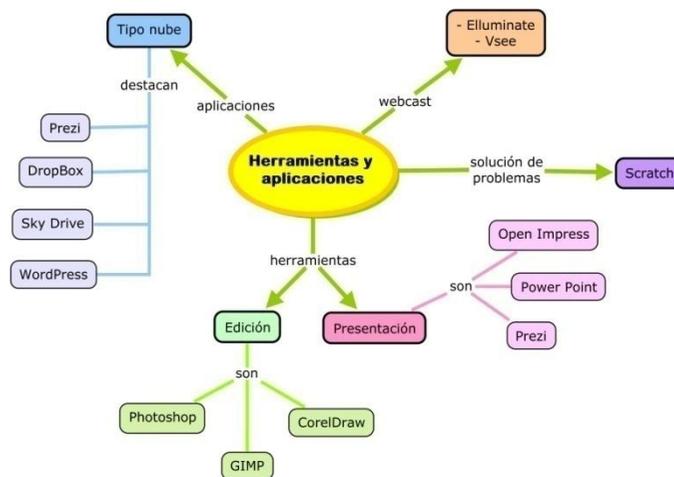


Figura 4. Mapa conceptual con CmapTools

3.5 Jclíc

Esta herramienta ha sido creada en un entorno de programación Java, la cual permite implementar actividades educativas multimedia, gráficos, sonidos, gif animados, etc., es una excelente herramienta para crear software educativo como el que se muestra en la figura 5, muy simple de utilizar y los estudiantes serán competentes en el uso de tecnología educativa al aprender a generar software de acuerdo a sus necesidades educativas. JClíc lo puede descargar de su sitio web oficial <http://clíc.xtec.cat/es/jclíc/>.



Figura 5. Software desarrollado en JClíc



3.6 Glogster

Se puede decir que Glogster es una herramienta web 2.0 que permite crear bloques publicitarios, murales en línea o glogs que pueden ser incluso impresos, apoya la presentación de contenidos pudiendo agregar textos, imágenes, audio, videos, hipervínculos, etc., el sitio oficial de la herramienta se encuentra en <http://www.glogster.com/>

Los glogs son muy necesarios para compartir proyectos en la web, además de que estos se pueden insertar en cualquier wiki, blog o página web. A la vista de los estudiantes es una herramienta muy atractiva por los múltiples estilos de diseño que se utilizan en la configuración de sus diversos contenidos. No cabe duda que estos carteles son interactivos y definitivamente multimedia.

Además los glogs se utilizan como soporte de producciones orales, escritas o audiovisuales, con los que se pueden hacer además de presentaciones de proyectos, carteles de divulgación y animación sobre alguna lectura realizada en las asignaturas, biografías, reportajes, guías turísticas, campañas publicitarias, entre otros.



Figura 6. Presentación realizada con Glogster



3.7 Educaplay

Plataforma para la creación de actividades educativas multimedia como los mapas interactivos, adivinanzas, crucigramas, sopa de letras, dictados, actividades de relacionar, diálogos, etc., estas actividades –ver figura 7– también se pueden compartir a través de distintas redes sociales. El sitio donde se pueden crear es <http://www.educaplay.com/>.



Figura 7. Tipo de actividades educativas que se pueden realizar en Educaplay

4. INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN EL CURRÍCULO

“La educación debe reflejar la diversidad de necesidades, expectativas, intereses y contextos culturales. Esto constituye un gran desafío, dadas las características de la globalización que tiende a fomentar la uniformidad. El desafío principal consiste en darle el mejor uso posible a las TIC, de forma tal que permitan mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, compartir conocimientos e información, crear un sistema flexible que responda a las necesidades de la sociedad, bajar los costos de la educación y mejorar la eficiencia interna y externa del sistema educativo [6]”.

Integrar la tecnología en el currículo a todos nos involucra, por lo que debemos poner mucho cuidado al seleccionar estas para incluirlas en las planeaciones didácticas y mostrárselas a los estudiantes. Como se observó en el tema anterior, son muchas las herramientas tecnológicas que se pueden utilizar y darle un sentido educativo, ahora a los docentes nos toca la labor de integrarlas dentro y fuera del aula de clases para que por medio de ellas, nuestros estudiantes puedan lograr un aprendizaje significativo y desarrollar las múltiples competencias que son demandadas por el sector productivo.



4.1 Niveles de conocimiento con el uso de la tecnología

La taxonomía de Bloom para la era digital emplea el campo cognoscitivo que comprende el área intelectual abarcando diversas subáreas, donde cada una de estas últimas, contienen diferentes características dependientes de las habilidades del pensamiento del orden que le corresponda: superior o inferior. Estas áreas son: Crear, Evaluar, Analizar, Aplicar, Comprender y Recordar, siendo la primera la que exige habilidades de pensamiento de orden superior y la última la que utiliza habilidades de pensamiento de nivel inferior.

Esta taxonomía puede ser útil dependiendo de las actividades tecnológicas que se le quieran solicitar al estudiante para el desarrollo de sus competencias de acuerdo a su nivel de pensamiento, esto se puede observar en la figura 8.

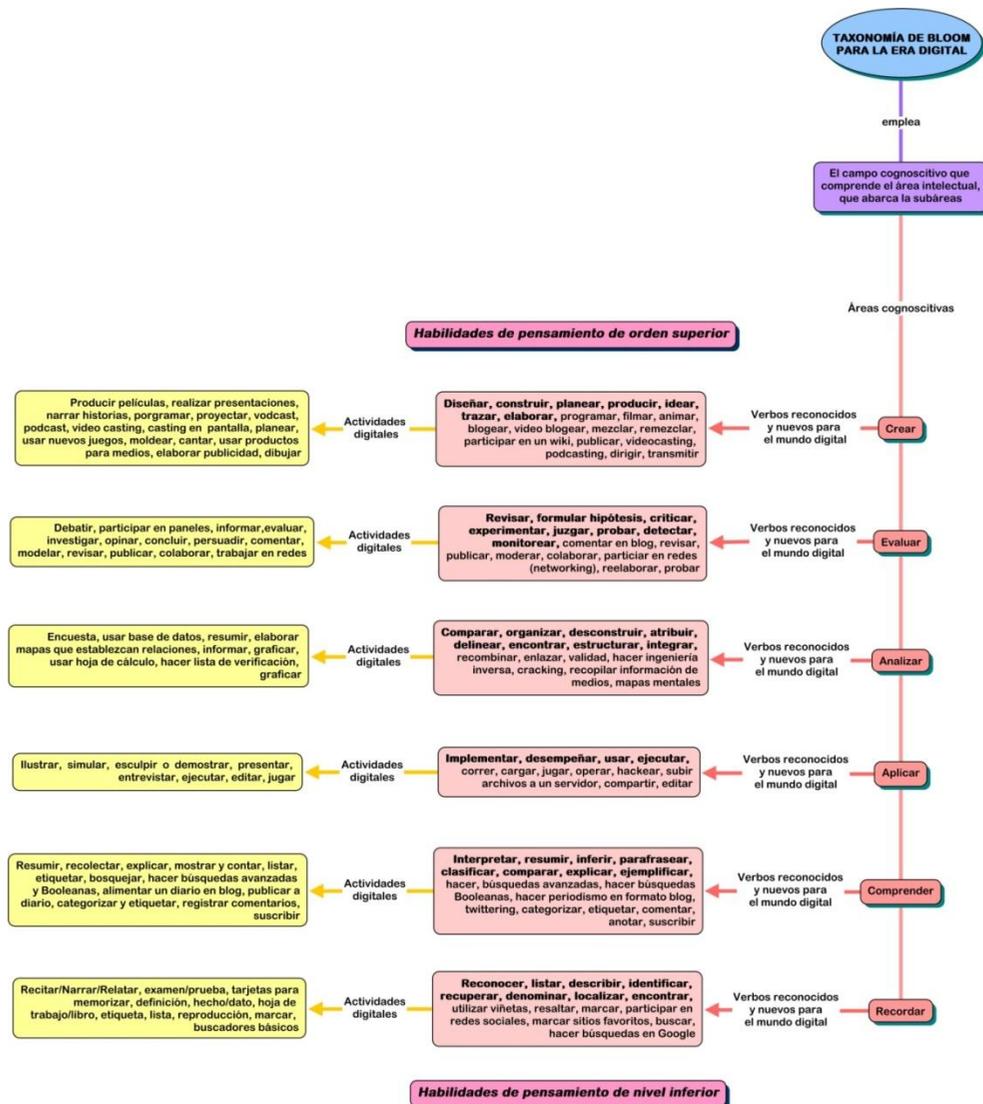


Figura 8. Taxonomía de Bloom para la era digital



5. CONCLUSIÓN

Como se pudo observar, existen muchas herramientas tecnológicas que se pueden utilizar como apoyo a la educación, para que el estudiante pueda realizar sus evidencias de aprendizaje y junto que con esto, vaya adquiriendo el conocimiento necesario para lograr alguna competencia.

La tecnología va impulsando a la educación, por lo que el docente deberá ir modificando la forma de seleccionar sus estrategias de enseñanza y estar más capacitado que nunca para poder brindar al estudiante una educación, que le permita enfrentarse a la sociedad cada vez más exigente basada en el conocimiento e impulsada por la tecnología. Los entornos de aprendizaje del estudiante deberán ser ahora enriquecidos con nuevos métodos de educación y con las poderosas herramientas tecnológicas que cada vez están al alcance de todos.

Por lo que “las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden contribuir al acceso universal a la educación, la igualdad en la instrucción, el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje de calidad y el desarrollo profesional de los docentes, así como a la gestión dirección y administración más eficientes del sistema educativo [7]”.

6. REFERENCIAS

- [1] Dirección General de Educación Superior Tecnológica, *Modelo educativo para el siglo XXI: formación y desarrollo de competencias profesionales*, (Ed. Delgado R. A., México, D.F.), pp. 39-40, (2012).
- [2] Alcalá, M. S, *Evaluación del proceso de aprendizaje, enfoque por competencias*. RIDE. Publicación 10, 2013.
- [3] Ruíz, I. *La evaluación por competencias* [En línea], En: http://servicios.encb.ipn.mx/tutorias/formatos/LECTURA_TUTO/LA%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20COMPETENCIAS.pdf, (2008).
- [4] Ruíz, I. *op. cit* pp. 6-8.
- [5] Tobón, S., *Competencias en la educación del siglo XXI, saber hacer para enseñar mejor*, Conferencia magistral del Congreso Internacional por Competencias, 2008.
- [6] UNESCO, *Las tecnologías de la información y comunicación en la enseñanza*, (Ediciones Trilce, Montevideo, Uruguay), p. 6, (2006).
- [7] UNESCO, *Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación* [En línea], En: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/>



LA EDUCACIÓN SUPERIOR APOYADA EN METAFORAS DE APRENDIZAJE

¹M.S.I. Rogelio Reyna Vargas, ²M.C. Erica Maria Lara Muñoz
Instituto Tecnológico Superior de Alvarado Veracruz
¹rogreyna@itsav.edu.mx, ²emlm@itsav.edu.mx

Resumen

Considerar una formación profesional donde se fomente la percepción analítica y crítica de los fenómenos actuales, de los cambios y estándares en los mercados y productos, así como la respuesta a las condiciones actuales que determinan los nuevos mecanismos de competitividad nacionales e internacionales; implica el contemplar dentro de la formación y desarrollo de competencias profesionales, mecanismos y estrategias que proporcionen en los estudiantes el adquirir, valorar, integrar y aplicar de manera estratégica, una serie de conocimientos, procedimientos y actitudes que sustenten su desempeño pertinente de manera eficiente adaptándose a escenarios múltiples y cambiantes. Este documento plantea el uso de las metáforas de aprendizaje como un elemento común de la práctica docente, desde una perspectiva practica-funcional; es decir no solo hacer uso de la metáfora para explicar un contenido en particular o describir un tema en específico, sino mas bien usar un "entorno metafórico" en las actividades docentes diarias.

Abstract

Consider training which promotes analytical and critical awareness of current events, and changes in standards and product markets, and the response to current conditions that determine the new mechanisms of national and international competitiveness; involves contemplating in training and skills development, mechanisms and strategies for the students to acquire, evaluate, integrate and strategically implement a series of knowledge, procedures and attitudes that support relevant performance efficiently adapt to multiple scenarios and changing. This paper discusses the use of metaphors of learning as a common element of teaching practice, from a practical perspective-functional, ie not only make use of metaphor to explain a particular content or describe a specific topic, but more While wearing a "metaphorical environment" in daily teaching activities.

INTRODUCCIÓN

El tratar de explicar algo haciendo uso de otra cosa comúnmente se puede ver en la manera en cómo nos expresamos. Cuando hacemos uso de ciertas palabras en vez de decir todo un concepto, incluso cuando expresamos nuestros sentimientos usamos términos que pueden parecer poéticos o novelescos. Si no comprendemos alguna situación usamos una referencia para acercarnos a dicho fenómeno; para hacernos entender y lograr transmitir lo que deseamos buscamos algo que nos permita trasportar o dimensionar lo que queremos a términos más sencillos de entender y asimilar. Incluso para dar cuenta de las realidades y el acontecer del mundo resulta practico hacer uso de comparaciones, analogías, de un recurso metafórico. En los aspectos cotidianos, en el ámbito familiar, en las actividades sociales y culturales, así como en la comunicación y uso del lenguaje, se utilizan de una u otra manera en mayor o menor medida las metáforas. Ya sea para asociar algún concepto con algo en particular, para ejemplificar un suceso o evento la humanidad recurre al uso de las metáforas.



Este documento propone un acercamiento al uso de las metáforas en la educación superior inicia con un acercamiento al concepto de lenguaje de manera general, para ubicar en cierta forma el proceso de la información, para después abordar el concepto de las metáforas analizando algunas de sus características y luego relacionarlas con la construcción que hace el sujeto de su mundo a partir de sus experiencias sensorio-motrices y con el lenguaje. Finalmente, se exponen algunos ejemplos de metáforas utilizadas en la enseñanza, tratando de establecer una relación entre las metáforas y el aprendizaje al describir como los sistemas complejos pueden exponerse e interpretarse de manera sintética con base en la experiencia y conocimientos que se tienen.

1. APRENDIZAJE

El aprendizaje de acuerdo a lo que nos indican las concepciones tradicionales que tenemos, proviene de que el aprender se encuentra relacionado con la adquisición de conocimiento sobre algún aspecto de la realidad y por consiguiente el conocimiento se refiere a un tipo de representación mental que respecto de la realidad tiene un sujeto. Esta noción ilustra las características de los sistemas educativos que tienen como actividad principal del aprendizaje la transmisión y reproducción de la información. Donde se considera que el "saber más" se entiende como "tener más información sobre", y el acopio de información se mide como es recordada esa información. Sin embargo cabe señalar que el "saber sobre" no necesariamente es igual a "saber hacer", existen por tanto diferencias significativas a esto por lo que aprender es la acción del sujeto en un contexto histórico-social determinada como efectiva por un observador. Así, desde este enfoque el aprendizaje es lo que permite a los sujetos a moverse dentro del mundo según sus intereses, donde su variado comportamiento responde a la interacción de estos con el mundo.

[1] Por ejemplo, dado que aprender me permite mantener mi acoplamiento estructural con el medio, al aprender a hablar un nuevo idioma en un país extranjero, indudablemente estoy mejorando mis posibilidades de supervivencia. Pero a la vez, este aprendizaje define el mundo desde el cual me voy a mover: el de un inmigrante que se adapta. Esto define no sólo una destreza, sino da cuenta del sentido de mi existencia, la cual sería muy distinta si, por ejemplo, no aprendiera el idioma local, y yo permaneciera como un "extranjero-en-tránsito" en esa nueva situación. Es decir, al aprender, no sólo me adapto, sino que me transformo, y al transformarme defino lo que puedo hacer, y por ende, lo que quiero ser. Por esto, aprender no se relaciona no con "reproducir" una realidad, sino más bien con producir una realidad, dentro de la cual el sujeto que aprende se produce a sí mismo.

En el ámbito educativo con respecto a la ingeniería, considerando un primer nivel de competencias cognitivas el aprendizaje interpretativo que permite crear conocimiento, es evidenciado por el desarrollo de habilidades prácticas sencillas tales como recepción, evocación, síntesis, respuesta, atención, escuchar, recibir, seguir, preguntar, tomar notas, subrayar, repasar, establecer objetivos, identificar, decidir, relacionar, asociar, comparar, contrastar, extraer, resumir y sugerir entre otras. Aquí el uso de las metáforas es muy útil al dar cuenta de situaciones complejas de manera sintética y con una fuerte conexión con la experiencia de los estudiantes.

[2] Un aprendizaje eficaz requiere que los alumnos operen activamente en la manipulación de la información, pensando y actuando sobre ella para revisarla, expandirla y asimilarla.

2. METAFORAS

Aunque no es sencillo definir y distinguir la metáfora del lenguaje y las figuras retóricas incluso en disciplinas como la teoría literaria, la lingüística, la filosofía o la psicología, esta puede abordarse desde diferentes perspectivas. Considerando las aportaciones de algunos autores se tienen las definiciones siguientes:



[3] El sustantivo ‘metáfora’ procede del latino *metaphōra*, y este del verbo griego *μεταφερω* que significa llevar a otra parte, transportar, trasladar, transferir, cambiar, mudar, trocar, confundir, enredar... Entonces, metáfora significa, literalmente, traslación o transferencia e indica, etimológicamente, la posición de una cosa en lugar de otra.

De esta manera, se basa en correspondencias analógicas que pueden establecerse entre dos objetos o componentes. [4] Es “el traspaso del sentido recto a otro figurado en una comparación no expresa o, dicho de otro modo, el proceso por el cual un significante acepta otro significado ajeno al suyo por medio de una comparación tácita”

[5] Las metáforas son, entonces, un recurso legítimo de cognición, portan información y conocimiento, extienden o amplían significados, a la vez que facilitan la comprensión de nuevos conceptos o nociones.

Acorde a su perspectiva la metáfora tiene como propiedades características, que es restringida dado que no puede construirse sobre cualquiera de los sentidos en que una cosa se asemeje a otra y es sistemática ya que puede comunicarse mediante la presencia de un conjunto de principios compartidos por el enunciador y destinatario.

[6] Asimismo, señala que su interpretación se asienta en la existencia de ciertos patrones de inferencias -que funcionan regularmente- en los que es posible distinguir tres tipos de estrategias:

1. **De reconocimiento:** para determinar si hay que buscar o no una interpretación metafórica.
2. **De cálculo:** para medir los diferentes valores que pueden asignarse a la entidad con respecto a la cual dos elementos son semejantes.
3. **De restricción:** para ceñir las posibilidades calculadas e identificar el factor concreto que sirve como su fundamento.

[7][8] El entendimiento de las proyecciones metafóricas es de gran utilidad en el aula a la hora de recibir y almacenar la información nueva y de recordar la que ya poseemos.

Al familiarizarse los estudiantes con las metáforas se ven provocados a poner en práctica estrategias cognitivas como la deducción, la inferencia y la visualización a través de imágenes entre otras. También los estimula a categorizar las expresiones metafóricas que al pertenecer a ciertos esquemas conceptuales, les resulta más fácil recordar y acumular en la memoria a largo plazo a diferencia de los elementos aislados. Esencialmente una metáfora considera el entender y experimentar una cosa en términos de otra.

2.1 Tipos de Metáforas

Aunque de manera habitual se tiende a pensar que las metáforas solo son cuestiones poéticas, que se refieren a terminologías del idioma y a un lenguaje descriptivo, es muy relevante ver que como lo postulan [9] que nuestro mundo está estructurado conceptualmente, y que nuestro sistema conceptual normal es metafórico en su naturaleza.

Al hablar de “la hora pico”, de “nació con estrella”, de “estamos en el mismo barco”, de sentir “un golpe de calor”, de lo que me dijo “me dejó un mal sabor de boca”, de “tiene las defensas baja” por costumbre se usan estas afirmaciones que parecen descriptivas. Pero, al hacer un alto confirmamos que son metafóricas, y en consecuencia se refieren a un tipo de experiencia que hace alusión a otra.



2.1.1. Metáforas Orientacionales

Las metáforas Orientacionales nacen a partir del hecho de que somos cuerpos que se mueven en un espacio tri-dimensional, y que tenemos emociones que son cambios consistentes en la disposición de este cuerpo en el espacio; estas dan coherencia al conjunto de metáforas en nuestra estructura conceptual, dado que comparten el mismo origen. Esto nos lleva a estructurar nuestra experiencia a partir de ciertas dimensiones con las cuales hemos asociado cierto tipo de experiencias sensorio-motoras y emocionales. Por ejemplo, en la siguiente tabla puede observarse que hay una gran cantidad de afirmaciones metafóricas que se basan en la orientación Arriba/Abajo.

ARRIBA	ABAJO
Feliz y animoso está Arriba	Triste y cansado está Abajo.
"Esto me sube el ánimo, estoy tirando pa'riba; llegué a la cima..."	"Estoy bajoneado, ando con el ánimo bajo, ¡que bajón!, caí en una depresión, caí en un sueño profundo"
Salud y Vida=Arriba	Enfermedad y Muerte=Abajo
"Ando con el biorritmo alto, estoy en lo más alto de mi capacidad, estoy levantándome más temprano...."	"Cayó enfermo, está decayendo rápidamente, su salud está declinando..."
Mantener el control=Arriba	Ser dominado=Abajo
"Estoy por sobre estos conflictos; está en una posición superior; está en lo alto de la organización; llegamos al más alto escalón..."	"Está bajo mi control, está bajo medicamentos, está bajo la protección de...; cayó de su posición, su poder está en declinación, en el nivel más bajo de la organización..."
Bueno y Virtuoso=Alto	Malo y Perverso=Bajo
"Discutamos esto con altura de; tiene elevados propósitos; mañana llega su Alteza; esto eleva el espíritu; su alma ascenderá al Cielo..."	"Tiene bajas intenciones; ¡Que bajeza!; no bajemos el nivel de la discusión, no me rebajaré a conversar sobre eso; cayó en el abismo de las drogas..."

Tabla 1 Afirmaciones metafóricas de Arriba/Abajo

De esta forma la mayoría de nuestros conceptos elementales se organizan en términos de una o más metáforas espaciales, basándose tanto en orientaciones "Arriba/Abajo" como también en orientaciones "Frente/Atrás" o "Adentro/Fuera".

Aunque estas metáforas proceden de cierto tipo de experiencias sensorio-motrices que pueden denominarse "físicas", también tienen características "culturales" dado que apuntan a experiencias diversas. Ciertamente tiene mucho que ver el contexto semántico en el cual se usa la metáfora y el contexto cultural en el cual esta sea interpretada.

[10]Por ejemplo: "El siempre anda por las nubes..." vs. "Pongamos los pies en la tierra", es una interpretación inversa de la metáfora espacial "Alto=Bueno / Bajo=Malo", y da origen a otro subconjunto de metáforas ["esta idea es muy volada, no puedo agarrar tu explicación, su propuesta está firmemente basada en..."] en la cual lo positivo está abajo.



2.1.2. Metáforas ontológicas

Se refiere al tipo de metáforas en las cuales para poder manipular parte de nuestra experiencia transformamos los procesos complicados en sustancias y entidades discretas de un tipo uniforme. Así al relacionar fenómenos complejos con otros, los delimitamos y contenemos como si fueran objetos reales. Por ejemplo a la escasez de alimentos de la canasta básica llamado “desabasto” podría caracterizarse como:

“El desabasto ha aumentado los costos de los productos; si se genera un desabasto la economía tiende a la baja; Se controlo el desabasto”.

En este caso todo lo relacionado con la falta o disminución de productos, así como los procesos sociales y económicos que esto implica ante un fenómeno constante del mismo, se engloban en el “desabasto” y lo manejamos como si se tratara de un objeto concreto, como algo que nos amenaza y afecta.

Este tipo de metáforas se usan para diferentes propósitos como para hacer referencias sobre algo, para cuantificar, para identificar ciertos aspectos, para identificar causas, para la definición de metas y para la derivación de otras metáforas a partir de otra.

Las metáforas son una parte usual dentro de nuestras estructuras conceptuales, ayudándonos mas allá de describir el mundo a definirlo de acuerdo al cuadro de acción en torno al problema presentado, permitiendo visualizar otras dimensiones del mismo. Con esto se construye una nueva definición del evento configurando nuestro mundo y las acciones para este mundo. [11] Las metáforas se fundamentan en nuestra experiencia, y al mismo tiempo la modifican e influyen en nuestros actos y conocimiento del contexto, de esta forma amplían nuestros procesos cognitivos.

Además de mencionar las metáforas anteriores, debe considerarse que también aprendemos mediante los sentidos de la vista, el tacto, el oído, el olor y el gusto al procesar en el cerebro la información obtenida; lo cual requiere de estímulos externos que motiven en el estudiante la generación de aprendizajes en su proceso interno. Por ello, se consideran el uso de las metáforas en la adquisición de la información, que involucra las creencias y los deseos determinando el comportamiento; en el aprendizaje a través de la participación dentro de actividades compartidas diversas y actividades culturales; y en la creación del conocimiento que permite de cierta forma la gestión del conocimiento al relacionarlo y socializarlo con el contexto.

3. EL USO DE LAS METÁFORAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Ya sea desde el campo de la psicoterapia de familia, o desde los aspectos del lenguaje, la exploración del uso de las metáforas se puede dar en familias, organizaciones, empresas e instituciones educativas. Es precisamente en el ámbito educativo donde la utilización de las metáforas de aprendizaje dentro de las estrategias de enseñanza del docente y su integración como elemento característico de las actividades del curso pueden ayudar de manera significativa a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Como un primer ejemplo del uso de la metáfora considérese la comparación de los electrones en un circuito eléctrico con el agua en una tubería. Mientras que el agua en el río empuja la arena, en la tubería el agua solamente fluye a través de ella. Repasando algunos conceptos básico se tiene para explicar el comportamiento de la electricidad la ley de Ohm donde se establece que la resistencia multiplicada por la corriente es igual al voltaje. En este caso el voltaje es la presión del agua en una tubería, y a mayor presión más agua puede empujarse a través de la tubería; de igual manera en el circuito eléctrico un voltaje más alto empuja más corriente a través de un alambre. Al decir que la corriente eléctrica es como un flujo liquido a través de la tubería y que a menos que se incremente la presión, la resistencia en su caso es la dificultad o facilidad para que la electricidad fluya a través del alambre. Lo que se pretende con este ejemplo es mostrar como el uso de la metáfora permite ampliar el



conocimiento sobre alguna cosa, creando nuevas concepciones de la misma de forma tal que facilite el uso posterior de la misma en otros contextos; todo esto estructurado como la función cognitiva de la metáfora.

3.1 Funciones cognitivas de las metáforas

Según [12], desde una perspectiva cognitivista, el potencial de cambio conceptual y emocional que promueve la metáfora, se basaría en base tres aspectos:

a) El Heurístico: como vehículo para la ampliación de conocimientos los seres humanos categorizamos la realidad en base a tomas de decisión sobre lo que comparten los estímulos que pretendemos analizar, decidiendo por ejemplo que una manzana y una pera se parecen y aunándolas bajo el concepto «fruta», de forma que igualamos estímulos, conceptos, proposiciones, para poder incorporarlos significativamente a nuestra estructura cognitiva. Gracias a este dispositivo conseguimos almacenar mayor número de informaciones, y de una forma más organizada, lo que favorece su recuperación y utilización.

b) Generativo que enriquece la idea que pretende transmitir y nos sirve para crear nuevas descripciones de un fenómeno menos conocido en términos de otro más conocido.

c) Mnemónico que facilita el recuerdo de la idea está muy ligado a los dos anteriores. En el caso de que la metáfora sea una analogía elaborada, el vehículo (plantas, coches) presta al tópico (personas, problemas) su estructura, el guión que organiza secuencialmente la historia (las plantas nacen, crecen...; hay que regarlas, podarlas...; a veces se tuercen y hay que enderezarlas), y con ello se facilita el recuerdo e integración de la nueva idea.

3.2 Consideraciones para las Metáforas

Aunque pueden existir grandes diferencias entre los diferentes tipos de metáforas en los diferentes contextos; de manera general una construcción metafórica considera entre otras cuestiones ciertas características que determinan su utilidad en el contexto de aprendizaje.

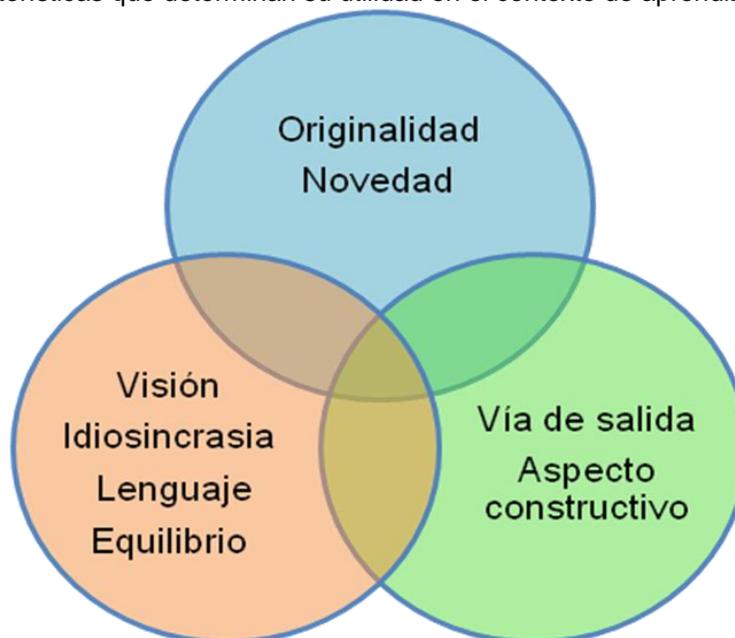


Figura 1 Características de la metáfora.



Como se ilustra en la figura 1 para que la metáfora tenga efecto debe considerar entre otras características la originalidad creando una diferencia al introducir nueva información al esquema de significados que se maneja. También resulta fundamental ajustarse al lenguaje utilizado, visión y postura de los estudiantes, buscando un equilibrio. Detallando el enfoque centrado en soluciones de manera constructiva aportando alternativas. Con el fin de ayudar a encontrar nuevas dimensiones del problema, mediante metáforas que representen la experiencia de los estudiantes.

3.3 Ejemplos de metáforas

[13] Calibre y amperaje de un cable

CONCEPTO	METAFORA
El calibre de un cable y su amperaje	Una manguera de jardín: el agua es la corriente eléctrica, y el diámetro de la manguera es el calibre, el volumen de agua viajando a través de la manguera es el amperaje. A mayor calibre (es decir, cuanto más ancha es) tiene la manguera, ofrece menos resistencia a la corriente, dejando que el usuario pueda transportar más líquido.
El amperaje es la corriente eléctrica, es la fuerza de una corriente eléctrica expresada en amperios. Un amperio es una medida de una cantidad de carga eléctrica pasando por un punto por unidad de tiempo.	El volumen de agua que transporta la manguera es el amperaje, y no debe confundirse con el voltaje, que sería la presión que hace desplazar el agua por la manguera.
El calibre es una medida de la superficie de la sección transversal de un área del cable. El sistema de calibres se escribe como AWG#, donde # puede ser cualquier número, incluyendo al cero. Cuanto más pequeño el número, o mayor el número de ceros, más grande es la sección transversal, y por ende, menor la resistencia y mayor la corriente.	El diámetro de la manguera es el calibre. La resistencia ofrecida al pasaje del agua por la fricción contra las paredes internas de la manguera representaría la resistencia eléctrica de un cable.

[14] La energía reactiva es como la espuma de la cerveza

CONCEPTO	METAFORA
Energía reactiva Especie de "energía fantasma" que circula por las redes eléctricas pero de la que no se obtiene ningún provecho, ya que no se convierte en otro tipo de energía útil.	Espuma de la cerveza Una jarra bien servida tiene que tener una cierta cantidad de espuma. Sin la capa blanca efervescente, la bebida no está en su punto.
De igual forma, la energía reactiva circula por las redes eléctricas, obligando a diseñarlas de mayor tamaño, sin aportar ninguna utilidad.	Sin embargo la espuma no tiene la utilidad de refrescarnos como la cerveza, a pesar de que ocupa un cierto volumen en la jarra.



[15] La red eléctrica es como una autopista

CONCEPTO	METAFORA
Elemento eléctrico Los usuarios de la infraestructura de alta tensión (los generadores) han de pagar un peaje por utilizarla, en función del uso que hacen de la misma. Una vez que la energía está cerca de las zonas de consumo, se transporta mediante redes de menor voltaje, que se denominan de media y baja tensión.	Elemento de transporte Supongamos que usamos la carretera para transportar galletas energéticas desde grandes fábricas donde se producen hasta los numerosos puntos de consumo.
Tensión	Galletas por camión la cantidad de galletas enviadas cada hora es el número de ellas que cabe en un camión
Intensidad	Camiones por hora El número de vehículos que salen cargados de la fábrica cada sesenta minutos.
Potencia El producto de tensión por intensidad en una línea nos da la potencia eléctrica transportada (también energía en cada hora).	Galletas por hora El producto de galletas en cada camión, por número de vehículos nos da el total de galletas –de energía, en definitiva– transportadas en una hora.
Energía	Galletas Para hacer la analogía más gráfica (aunque es un poco exagerado dietéticamente) vamos a considerar que cada galleta proporciona una energía de 1 kWh.
Energía reactiva No tiene utilidad	Devolución de envases El envío de estos accesorios, necesarios para el reparto, obliga a incrementar el tráfico en la red, sin embargo no tienen utilidad para el consumidor.
Subestación pasar de media a baja tensión	Centro de venta al por mayor El proceso que tiene lugar en un almacén en el que entran camiones y salen furgonetas para distribuir el producto.
Generación distribuida por ejemplo una instalación solar doméstica conectada a la red de baja tensión	Artesano galletero Que fabrican pastas y las hacen llegar con sus propias furgonetas de reparto a los consumidores.



CONCLUSIONES

Propiciar la apertura a las experiencias de aprendizaje en los estudiantes requiere también de la apertura de los docentes mismos permitiendo el flujo de ideas y percepciones que aparentemente no forman parte de nosotros mismos pero que existen en el contexto y nos ayudan a la transportación de los conocimientos y estructuras previas a otros ámbitos de aplicación. Sin hacer un excesivo uso de las metáforas como elemento del proceso de aprendizaje, se puede fomentar de manera progresiva el uso de un ambiente metafórico en cuestiones que así lo requieran a fin de clarificar o aterrizar los significados correspondientes. La selección adecuada de las actividades de enseñanza y aprendizaje pueden apoyarse en la utilización de metáforas. La idea es lograr generar un ambiente de aceptación y exploración en el uso de las metáforas abriendo las puertas a nuevas prácticas de interacción en los procesos de aprendizaje.

Es posible redefinir una situación en forma metafórica tanto la situación problema como las posibles soluciones al construir otra realidad más allá de solo una interpretación de dicha realidad. Permitiendo con esto que los estudiantes en sus actividades de aprendizaje incluyan las practicas de modificar su percepción de las cosas en la organización, en la institución y en su entorno social para crear un nuevo actuar dentro de sus prácticas profesionales.

En trabajos futuros se pretende analizar una serie de temáticas seleccionadas del plan de estudios de ingeniería electrónica en un inicio a fin de elaborar un conjunto de metáforas correspondientes que permitan reforzar la comprensión de los contenidos seleccionados.

REFERENCIAS

[1]Vásquez Rivera, Cristián. "El uso de las metáforas en el aprendizaje". Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. <http://www.iaf-world.org/PELF/Vasquez.html>

[2]Chadwick, Clifton B. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos. Vol. XXXI, No. 4, p. 111-126. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/270/27031405.pdf>

[3]Boquera Matarredona, M. (2005): *Las metáforas en textos de ingeniería civil: estudio contrastivo español-inglés*. Valencia, Servei de Publicacions, Universitat de Valencia. Disponible en URL: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0628106-133151/>

[4]Núñez Cabezas, E. (2002): "Incremento del vocabulario por procedimientos semánticos. Metáfora y eufemismo. Fenómenos de manipulación", en M. V. Romero Gualda (coord.): *Lengua española y comunicación*. Barcelona, Ariel, pp. 393-404.

[5] Amieva, Rita Lilian. (2006). Metáforas y tecnología: algunas relaciones posibles. En *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Año 7, N° 12, pp. 55-61.

[6] Escandell Vidal, M. V. (1996): *Introducción a la Pragmática*. Barcelona, Ariel.



[7] Boers, F. (2000). "Enhancing metaphoric awareness in specialist reading", *English for Specific Purposes*. 19, 2,137-147.

[8] White, M. (2003). "Metaphor and economics: the case of growth", *English for*

[9] Lakoff, G. y Johnson, M. (1986 [1980]): *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid, Cátedra.

[10] Vásquez Rivera, Cristián. op. cit. p 6

[11] Chumaceiro, Irma, 2004, "Las metáforas políticas en el discurso de dos líderes venezolanos: Hugo Chávez y Enrique Mendoza", *Revista Latinoamericana de estudios del Discurso*, V. 4 (2), pp. 9-113.

[12]Beyebach, M., Arribas, J., Hernández, C., Martín, M.J., Rodríguez, M. y Rodríguez morejón, A. (1996 octubre). Resultados de la terapia centrada en soluciones. Comunicación presentada en el XVII Congreso Nacional de Terapia Familiar, Las Palmas de Gran Canaria.

[13]Curtis Seubert | Traducido por Mike Tazenda. Calibre y amperaje de un cable. http://www.ehowenespanol.com/calibre-amperaje-cable-sobre_184017/

[14]Centeno Hernández, Efraím., Reneses Guillén, Javier., Sánchez Domínguez, Juan José. Analogías para comprender la electricidad .*Anales de mecánica y electricidad* / mayo-junio 2007.

[15] *Ibíd.* p. 23-24



METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS CON CPLDs Y FPGAs DE XILINX

José R. Atoche E., Emmanuel de A. Zamora H.

Instituto Tecnológico de Mérida

jratoche@gmail.com; emazamora@yahoo.com.mx

RESUMEN

La tabla experimental es el resultado de una metodología para la elaboración de tarjetas electrónicas con CPLDs y FPGAs de la Compañía Xilinx. Una metodología ordenada, con referencias a bibliotecas de librerías, hojas de aplicación, su ubicación y una revisión bibliográfica en este campo elaborados anteriormente. La metodología se basa en la filosofía de Software Libre y Hardware Libre, incentivando el uso de estos.

Es una guía propuesta que puede ser modificada dependiendo de los componentes del momento, pretendiendo motivar el desarrollo de prototipos de manera local, usando componentes que se pueden encontrar en el mercado nacional. Se ha usado la plataforma Linux Ubuntu, el software de elaboración de diagramas y circuitos impresos EAGLE en su versión Freeware y documentación de foros de comunidades, tanto de nivel técnico como nivel ingeniería, llevando a cabo una placa experimental para usos múltiples con un CPLD.

ABSTRACT

The experimental e-card is the result of a methodology for the development of e-cards with CPLDs and FPGAs Xilinx Company. A methodology tidy with libraries library references, application sheets, location and a literature review in this field previously developed. The methodology is based on the philosophy of Free Software and Free Hardware, encouraging the use of these.

It is a guide that can be modified proposal depending on the components of the moment, trying to encourage the development of prototypes locally, using components that can be found in the domestic market. It has used the Ubuntu Linux platform, the charting software and EAGLE PCB in its documentation Freeware forums and communities, both technically and engineering level, conducting a multipurpose experimental plate with CPLD.

1. Introducción

En los últimos años, los lenguajes de descripción de hardware (HDL) tales como VHDL, Verilog, Handel-C, etc hace que los diseños sean ficheros de texto, que contienen el "código fuente" del circuito. Dando como resultado que el proceso de diseño de hardware cada vez se parezca más al



de software. Esta tendencia ha llevado a que el hardware se convierta en algo que se puede compartir, dando origen al concepto de Hardware Libre. Hay iniciativas como la de Open Cores [1], donde se publican diseños complejos bajo una licencia abierta que permite ser compartidos por el resto de las llamadas “comunidades de desarrollo”.

Dentro del contexto del hardware libre, parece necesario contar con una placa sobre la que probar los circuitos, y que ésta a su vez sea libre, pudiéndose compartir los esquemas, PCBs y ficheros de fabricación de manera que cualquiera la pueda fabricar, usar, modificar, y redistribuir las modificaciones.

Hay varios antecedentes de proyectos que utilizan FPGAs y CPLDs como circuitos núcleos. En el caso de FPGAs, existe una tarjeta para el desarrollo de diseños hardware sobre dispositivos de lógica programable de las familias 4000 y Spartan con encapsulado tipo PLCC84. Este desarrollo fue hecho en la Universidad Autónoma de Madrid, por parte de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática en el año 2003 por parte de Pablo A. Haya Coll y Juan González [2]. El manual se rige por la licencia GNU GFDL 1.1 (GNU FREE DOCUMENTATION LICENSE) y se llama “Manual de la Tarjeta JPS-XPC84 para doctorado. La placa está pensada para la docencia y con el objetivo de que los estudiantes e interesados lleven sus diseños a la realidad de una forma sencilla. La licencia libre del cual dispone, permite su libre copia, modificación y distribución por lo cual, su elaboración fue totalmente elaborada con herramientas para su diseño tales como Debian/GNU Linux y el programa de diseño electrónico EAGLE en su versión Freeware. Desde el año 2003, no ha habido actualización en cuanto al Manual. Este antecedente marca la pauta a seguir para la elaboración de una tarjeta más moderna, con circuitos no discontinuados.

Un trabajo posterior es el elaborado por Francisco Arellano Mauleón, Francisco Calderón Setién y Sergio Somovilla de la Torre, de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid, Depto. de Arquitectura de Computadoras y Automática en el año 2006 [3]. Su objetivo era el desarrollo de una placa basada en FPGA para utilizarse en la asignatura Laboratorio de Tecnología de computadoras. Su proceso comprendió tres fases principales: Diseño del prototipo, implementación del circuito impreso y desarrollo y depuración del software de comunicación entre la PC y la placa. Aunque el objetivo inicial incluía todas las fases del desarrollo del prototipo, no se cubrieron todas, centrándose principalmente en la interfaz entre el PC y la FPGA y la realización del software de comunicación. El FPGA usado es el XC2S100-5 TQ144C de la familia Spartan II de Xilinx.

Otro trabajo, pero con el uso de CPLD, es el de David Ferrés, de la Escola Universitària Politècnica de Mataró, titulado “Tarjeta de evaluación y prácticas para dispositivos CPLD” [4], usando un CPLD de la Compañía Altera.



Estos dos son los trabajos que se han enfocado en el desarrollo, a nivel de su región, de tarjetas didácticas enfocadas para su uso en la docencia, promoviendo así la filosofía de Software Libre y Hardware Libre.

Ya en esta línea, se llevó a cabo la recopilación de información y experiencias para elaborar una tarjeta que usa un CPLD como su circuito central, considerando los componentes que se pueden adquirir en el mercado local para su elaboración, con la finalidad de que sea usado por los estudiantes de las carreras de ingeniería, reduciendo costos en su adquisición haciendo una tarjeta con los recursos mínimos, pero funcional, para su uso inmediato.

2. Introducción a los Dispositivos Lógicos Programables (PLD) [5]

Los dispositivos lógicos programables (o PLD, por sus siglas en inglés) favorecen la integración de aplicaciones y desarrollos lógicos mediante el empaquetamiento de soluciones en un circuito integrado. El resultado es la reducción de espacio físico dentro de la aplicación; es decir, se trata de dispositivos fabricados y revisados que se pueden personalizar desde el exterior mediante diversas técnicas de programación. El diseño se basa en bibliotecas y mecanismos específicos de mapeado de funciones, mientras que su implementación tan solo requiere una fase de programación del dispositivo que el diseñador suele realizar en unos segundos

En la actualidad, el diseño de ASIC (Circuitos Integrados Desarrollados para Aplicaciones Específicas) domina las tendencias en el desarrollo de aplicaciones a nivel de microelectrónica. Este diseño presenta varias opciones de desarrollo, como se observa en la tabla I. A nivel de ASIC los desarrollos *full* y *semi custom* ofrecen grandes ventajas en sistemas que emplean circuitos diseñados para una aplicación en particular. Sin embargo, su diseño solo es adecuado en aplicaciones que requieren un alto volumen de producción; por ejemplo, Sistemas de Telefonía Celular, computadoras Portátiles, Cámaras de Video, etcétera.

Tabla I Tecnologías de fabricación de circuitos integrados [5].

Categoría	Características
Diseño totalmente a la media (Full-Custom)	Total libertad de diseño, pero el desarrollo requiere todas las etapas del proceso de fabricación: preparación de la oblea o base, crecimiento epitaxial, difusión de impurezas, implantación de iones, oxidación, fotolitografía, metalización y limpieza química. Los riesgos y costos son muy elevados; sólo se justifican ante grandes volúmenes o proyectos con restricciones (área, velocidad, consumo de potencia, etcétera).
Matrices de puertas predifundidas (Semi-custom/gate arrays)	Existe una estructura regular de dispositivos básicos (transistores) prefabricada que se puede personalizar mediante un conexionado específico que sólo necesita las últimas etapas del proceso tecnológico. El diseño está limitado a las posibilidades de la estructura



	prefabricada y se realiza con base en una biblioteca de celdas pre-caracterizadas para cada familia de dispositivos.
Celdas estándares pre-caracterizadas (Semi-custom/standard cells)	No se trabaja con alguna estructura fija prefabricada en particular, pero sí con bibliotecas de celdas y módulos pre-caracterizados y específicos para cada tecnología Libertad de diseño (en función de las facilidades de la biblioteca); pero el desarrollo exige un proceso de fabricación completo.
Lógica Programable (CPLD, FPGA)	Se trata de dispositivos fabricados y revisados que se pueden personalizar desde el exterior mediante diversas técnicas de programación El diseño se basa en bibliotecas y mecanismos específicos de mapeado de funciones, mientras que su implementación tan solo requiere una fase de programación del dispositivo, que por lo general realiza el diseñador en unos pocos segundos.

En la actualidad existe una gran variedad de dispositivos lógicos programables, los cuales se usan para reemplazar circuitos SSI (pequeña escala de integración), MSI (mediana escala de integración) e incluso circuitos VLSI (muy alta escala de integración), ya que ahorran espacio y reducen de manera significativa el número y el costo de los diseños. Estos dispositivos llamados PLD (Tabla II), se clasifican por su arquitectura – la forma funcional en que se encuentran ordenados los elementos internos que proporcionan al dispositivo sus características.

Tabla II Dispositivos Lógicos Programables.

Dispositivo	Descripción
PROM	Programmable read-Only memory: Memoria Programable de sólo Lectura.
PLA	Programmable Logic Array: Arreglo Lógico Programable.
PAL	Programmable Array Logic: Lógica de Arreglos Programables.
GAL	Generic Logic Array: Arreglo Lógico Genérico.
CPLD	Complex PLD: Dispositivo Lógico Programable Complejo.
FPGA	Field Program Gate Array: Arreglos de Compuertas Programables en Campo.

Los FPGA (Arreglos de Compuertas Programables en Campo) y CPLD (Dispositivos Lógicos Programables Complejos) ofrecen las mismas ventajas de un ASIC, sólo que aun menor costo; es decir, el costo por desarrollar un ASIC es mucho más alto que el que preciaría un FPGA o un CPLD, con la ventaja de que ambos son circuitos reprogramables, en los cuales es posible modificar o borrar una función programada sin alterar el funcionamiento del circuito.



2.1 Dispositivos Lógicos Programables de Alto Nivel de Integración.

Los PLD de alto nivel de integración se crearon con el objeto de integrar mayor cantidad de dispositivos en un circuito (sistema en un chip SOC –System On chip). Se caracterizan por la reducción de espacio y costo, además de ofrecer una mejora sustancial en el diseño de sistemas complejos, dado que incrementan la velocidad y las frecuencias de operación. Además, brindan a los diseñadores la oportunidad de enviar productos al mercado con más rapidez y les permiten realizar cambios en el diseño sin afectar la lógica, agregando periféricos de entrada/salida sin consumir una gran cantidad de tiempo, dado que los circuitos son reprogramables en el campo de trabajo.

2.1.1 Dispositivos Lógicos Programables Complejos (CPLD).

Un circuito CPLD consiste en un arreglo de múltiples PLD agrupados como bloques en un chip. En algunas ocasiones estos dispositivos también se conocen como EPLD (Enhanced PLD: PLD mejorado), Super PAL, Mega PAL, etc. Se califican como de alto nivel de integración, ya que tienen una gran capacidad equivalente a unos 50 PLD sencillos.

En su estructura básica, cada CPLD contiene múltiples bloques lógicos conectados por medio de señales canalizadas desde la **interconexión programable (PI)**. Esta unidad PI se encarga de interconectar los bloques lógicos y los bloques de entrada/salida del dispositivo sobre las redes apropiadas (ver Ilustración 1).

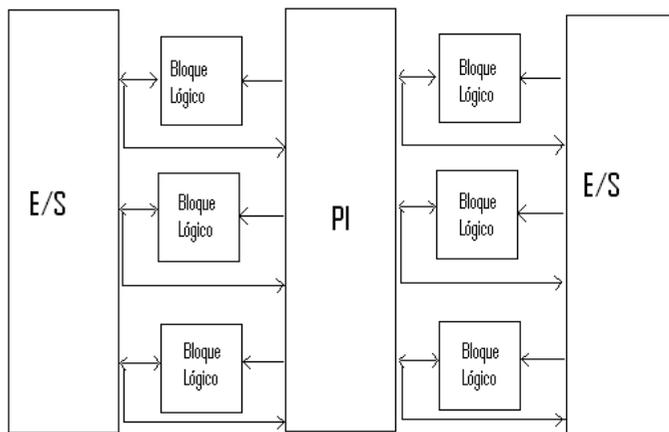


Ilustración 1 Arquitectura básica de un CPLD

Los bloques lógicos, también conocidos como celdas generadoras de funciones, están formados por un **arreglo de productos de términos** que implementa los productos efectuados en las compuertas AND, un **esquema de distribución de términos** que permite crear las sumas de los productos convenientes del arreglo AND y por macroceldas. En ocasiones las celdas de entrada/salida se consideran parte del bloque lógico, aunque la mayoría de los fabricantes coincide en que son externas. Cabe mencionar que el tamaño de los bloques lógicos es



importante, ya que determina cuánta lógica se puede implementar dentro del CPLD; esto es, fija la capacidad del dispositivo.

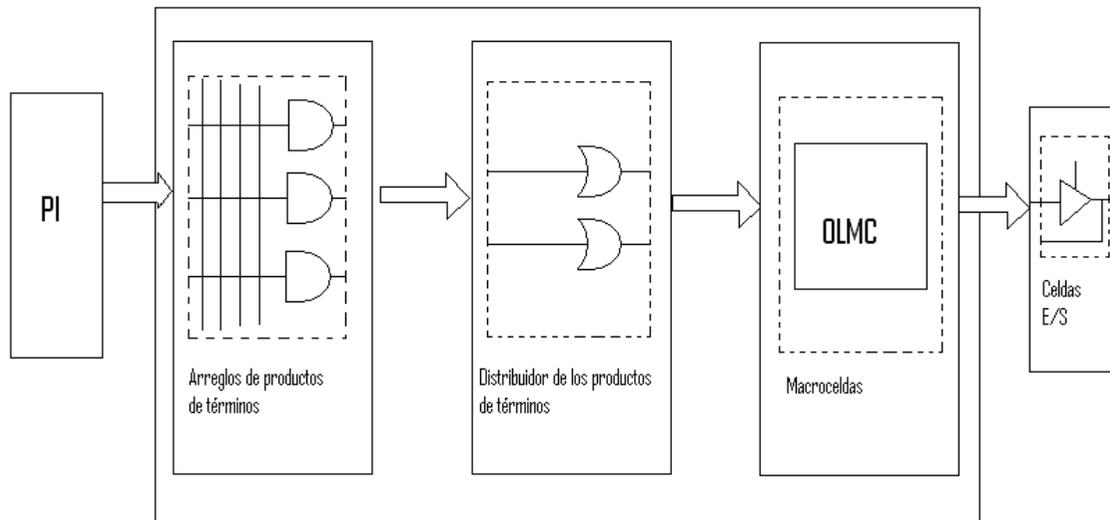


Ilustración 1 Bloque Lógico Programable.

- **Arreglos de productos de términos.** Es la parte del CPLD que identifica el porcentaje de términos implementados por cada macrocelda y el número máximo de productos de términos por bloque lógico.
- **Esquema de distribución de términos.** Es el mecanismo utilizado para distribuir los productos de términos a las macroceldas; esto se realiza mediante el arreglo programable de compuertas OR de un PLD. Los diferentes fabricantes de CPLD implementan la distribución de productos de términos con diferentes esquemas.
- **Macroceldas.** Una macrocelda de un CPLD está configurada internamente por flip-flops y un control de polaridad que habilita cada afirmación o negación de una expresión. Los CPLD suelen tener macroceldas de entrada/salida, de entrada y ocultas, mientras que los PLD sólo tienen macroceldas de entrada/salida.

La cantidad de macroceldas que contiene un CPLD es importante, debido a que cada uno de los bloques lógicos que conforman el dispositivo se expresa en términos del número de macroceldas que contiene. Por lo general, mientras mayor será la cantidad, mayor será la complejidad de las funciones que se pueden implementar.

3. Desarrollo de la placa con CPLD

Se propuso estudiar todas las hojas técnicas del CPLD disponibles en la página de Xilinx [6] y trabajos previos de la misma naturaleza. En el caso de las librerías, hay disponibles de manera comercial y de formato libre. El único inconveniente de estas es que no conocemos el criterio de elaboración. Podemos encontrarnos con inconvenientes como la falta pines, el encapsulado no es el que necesitamos, etc. El software de Eagle Cadsoft [7] es bastante flexible, a pesar de sus



limitantes, en su versión freeware. Con ello también se fomenta el uso de los sistemas operativos Linux en todas sus versiones (en este caso el Ubuntu) para evitar el uso de software pirata. Si bien esta limitado, es perfecto para este tipo de proyectos pues es bastante intuitivo en su uso, tanto en la elaboración de librerías así como el diseño de diagramas y pcs. En la red se encuentra amplia información de ayuda y tutoriales para su uso.

En general, los pasos para elaborar una tarjeta con CPLD/FPGA son:

- Conseguir todas las hojas técnicas del CPLD/FPGA con el cual se va a trabajar, tanto las características técnicas, dimensiones del encapsulado, etc.
- Dependiendo del software, verificar si tienen la librería que le corresponde al CPLD/FPGA. Hay varios programas de CAD: el ORCad, en el cual, la librería para CPLDs/FPGAs algunos se compran, el Altium, que ya lo tiene dentro de sus librerías, y éste, el EAGLE CADSOFT.
- Si hay que elaborar la librería, hay que tener un conocimiento de la función de cada pin, pues se tiene que saber muy bien cuales son entradas, salidas, mixtas, no conectados, etc.

Un diagrama de flujo del proceso es el siguiente:

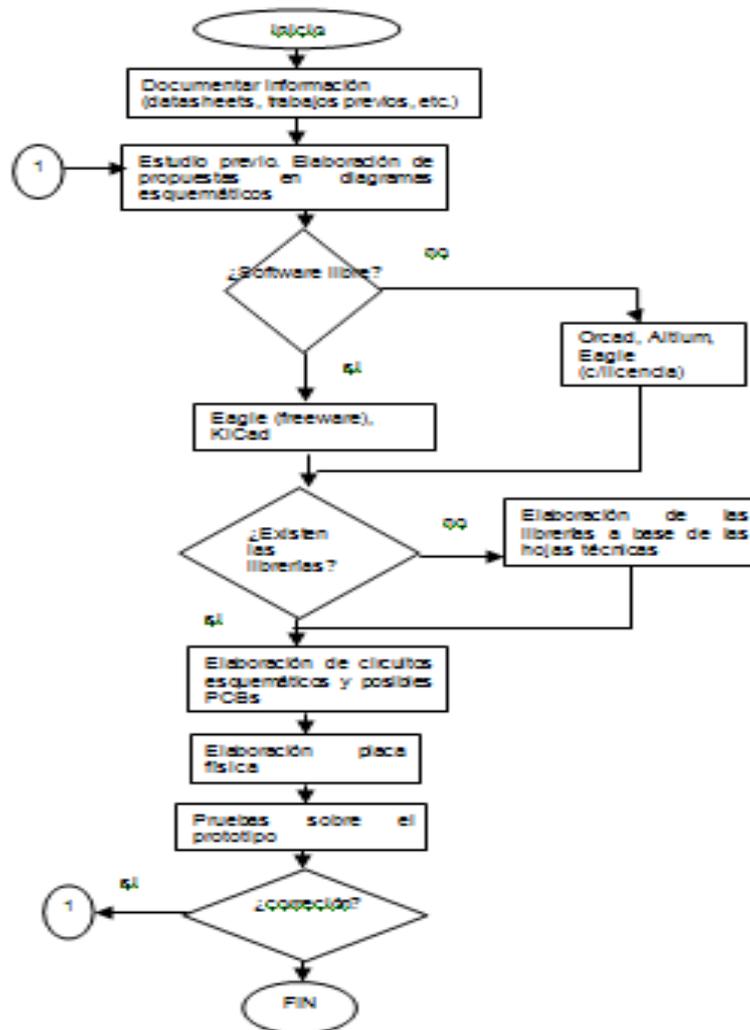


Ilustración 3 Diagrama de flujo del proceso

Con respecto a la soldadura, con práctica y teniendo las herramientas y consumibles necesarios (adquiridos en el mercado local), no representaría mayor problema. Entre las herramientas mínimas que uno debe de tener es un cautín de punta cónica, y un flux especial para soldadura superficial que se vende en las tiendas de refacciones electrónicas del mercado local.

3.1 Modo de programación

Se decidió la programación por JTAG como introducción al estudio de este protocolo usando el puerto serial. Se hace una breve descripción de lo que es: JTAG, un acrónimo para Joint Test Action Group, es el nombre común utilizado para la norma [IEEE 1149.1](#) titulada Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture para [test access ports](#) utilizada para testear [PCBs](#) utilizando escaneo de límites.

Diseñado originalmente para circuitos impresos, actualmente es utilizado para la prueba de submódulos de circuitos integrados, y es muy útil también como mecanismo para [depuración de](#)



aplicaciones empotradas, puesto que provee una puerta trasera hacia dentro del sistema. Cuando se utiliza como herramienta de depuración, un emulador en circuito que usa JTAG como mecanismo de transporte permite al programador acceder al módulo de depuración que se encuentra integrado dentro de la CPU. El módulo de depuración permite al programador corregir sus errores de código y lógica de sus sistemas.

3.1.1 Características Electricas de JTAG [8]

Una interfaz JTAG es una interfaz especial de cuatro o cinco pines agregadas a un chip, diseñada de tal manera que varios chips en una tarjeta puedan tener sus líneas JTAG conectadas en daisy chain, de manera tal que una sonda de testeo JTAG necesita conectarse a un solo "puerto JTAG" para acceder a todos los chips en un circuito impreso. Los pines del conector son

1. TDI (Entrada de Datos de Testeo)
2. TDO (Salida de Datos de Testeo)
3. TCK (Reloj de Testeo)
4. TMS (Selector de Modo de Testeo).
5. TRST (Reset de Testeo)

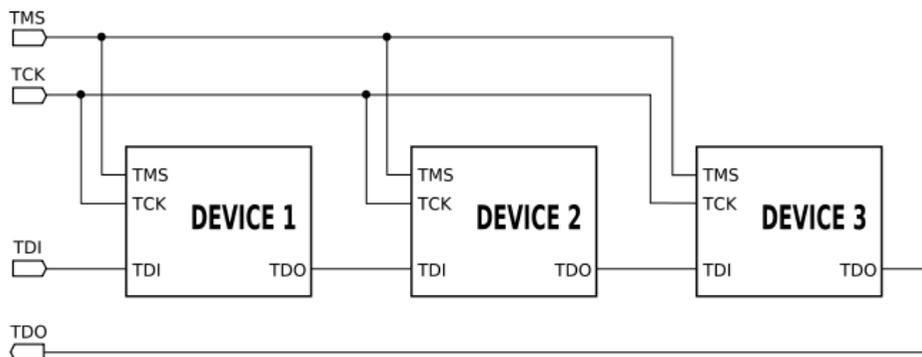


Ilustración 4 Dispositivos conectados por JTAG [7]

Ya que posee una sola línea de datos, el protocolo es necesariamente serial, como el Serial Peripheral Interface. La entrada de la señal de reloj es por el pin TCK. La configuración del dispositivo se realiza manipulando una máquina de estados de un bit empleando el pin TMS. Un bit de datos es cargado en TDI y otro sacado en TDO por cada pulso de reloj de la señal TCK. Se pueden cargar diferentes modo de instrucción como leer el ID del chip, muestrear el valor de pines de entrada/salida, manejar pines de salida, manipular funciones del chip, o funciones de bypass que unen el pin TDI con TDO para lógicamente unir cadenas de varios chips (chips en cascada). La frecuencia de trabajo de la señal de reloj del pin TCK varía en función de cada chip, pero típicamente está en el rango de 10-100 MHz (10-100ns/bit).

Cuando se hace la operación de boundary scan en circuitos integrados, las señales manipuladas están entre diferentes bloques funcionales del chip, más que entre diferentes chips.



El pin TRST es una señal opcional bajo-activa para reseteo o reinicio de la prueba lógica (por lo general asíncrona, pero que a veces está sincronizada con el reloj, dependiendo del chip). Si no se dispone de dicho pin, la prueba lógica puede reiniciarse mediante una instrucción reset.

4. Diagrama de bloques y resultado

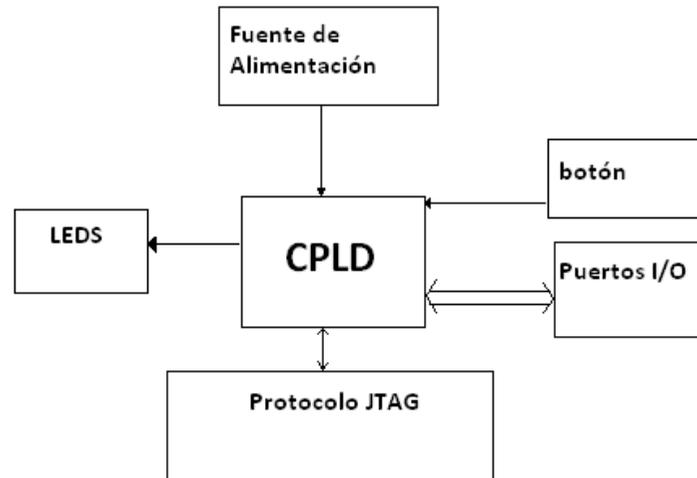


Ilustración 5 Disposición general de la placa (sistema mínimo)

En la Ilustración 5 se muestra la disposición en bloques de la placa desarrollada (sistema mínimo). En la siguiente figura se muestra una fotografía de la placa final.

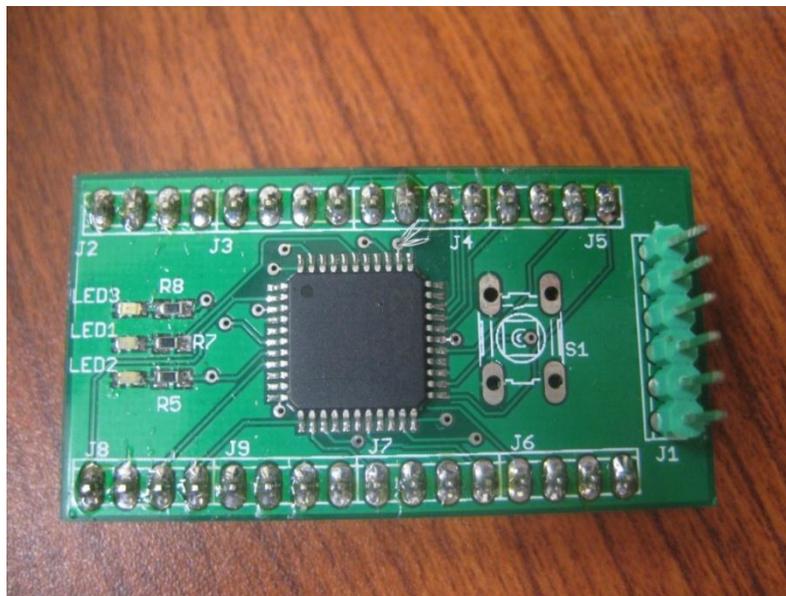


Ilustración 6 Placa experimental con CPLD 9572XL (sistema mínimo)

La descripción de los pines y sus conectores en la tableta se muestra a continuación:



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Tabla III Disposición de pines en la placa experimental con su conector correspondiente

PIN	Funcion	Conector en placa	PIN	Funcion	Conector en placa
1	Bank1_6/ GCK3	J2_1	24	TDO	J1_3
2	Bank1_7	NC	25	GND3	J1_5
3	Bank1_8	S1	26	VccIO	J10_1
4	GND	J1_5/J10_3	27	Bank2_10	J6_2
5	Bank1_9	R7-LED1	28	Bank2_9	J6_1
6	Bank1_10	R5-LED2	29	Bank2_8	J5_4
7	Bank1	R8-LED3	30	Bank2_7	J5_3
8	Bank1_11	R1-LED4	31	Bank2_6	J5_2
9	TDI	J1_2	32	Bank2_5	J5_1
10	TMS	J1_1	33	Bank2_4	J4_4
11	TCK	J1_4	34	Bank2_3/GTS2	J4_3
12	Bank1_12	J8_4	35	VccInt2	J10_4
13	Bank1_13	J8_3	36	Bank2_2/GTS1	J4_2
14	Bank1_14	J8_2	37	Bank2_1	J4_1
15	VccInt1	J10_4	38	Bank2_0	J3_4
16	Bank1_15	J8_1	39	Bank1_0	J3_3
17	GND2	J1_5	40	Bank1_1	J3_2
18	Bank1_16	J7_4	41	Bank1_2	J3_1
19	Bank2_15	J7_3	42	Bank1_3	J2_4
20	Bank2_14	J7_2	43	Bank1_4	J2_3
21	Bank2_13	J7_1	44	Bank1_5	J2_2
22	Bank2_12	J6_4			
23	Bank2_11	J6_3			

El conector J10 es el conector principal de voltajes y tierra:

Tabla IV Disposición de voltajes y tierra en el conector J10

Conector en placa	Función
J10_1	VccIO
J10_2	NC
J10_3	GND
J10_4	Vcc

Para interpretar la ubicación en los conectores, se pone de ejemplo el siguiente pin:

Tabla V Ejemplo de ubicación del pin y conector

PIN	Funcion	Conector en placa
1	Bank1_6	J2_1



El pin 1 es la entrada/salida 6 del banco 1. Su ubicación se encuentra en el conector J2, lugar 1. Donde dice JX (en este caso, J2), esa ubicación es el 4.

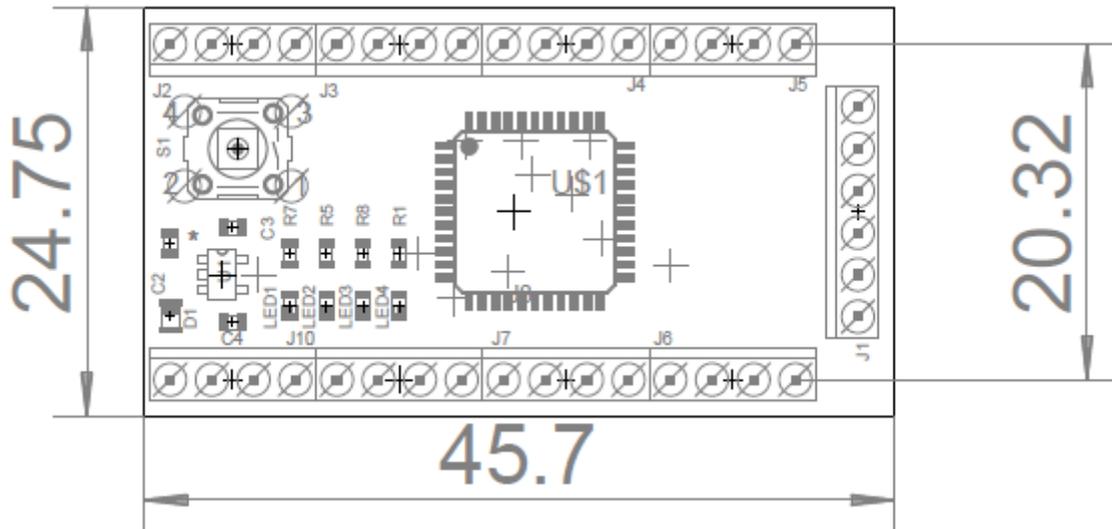


Ilustración 7 Disposición física de los conectores en la tableta
Conector de JTAG y disposición para su conexión con el cable, así como la entrada de voltaje y tierra.



Ilustración 8 Conector JTAG y su disposición en el conector

5. Ventajas de la placa elaborada

- El estudiante promedio puede diseñar a la medida de sus necesidades y recursos una placa para prácticas que usa un CPLD (se puede aplicar el mismo método para FPGA) a partir de diseños ya existentes.
- **Flexibilidad.** Con la misma placa, conseguimos hardware con comportamientos distintos, pues todo depende de la programación que se le aplique. La placa es usada bajo el entorno ISE Foundation de Xilinx.
- **Diseños hardware libres.** La posibilidad de poder diseñar y llevar a cabo diseños con la filosofía de Hardware libre que se compartan en la comunidad estudiantil. Esto brinda amplias posibilidades en el campo de la docencia y la investigación. Una de ellas es el ahorro en la compra de placas a distribuidores. Otra gran ventaja es la estimulación de la Universidad y/o Instituto de elaborar su propia tecnología en colaboración con otras



Universidades y/o Instituciones, así como la fabricación de las mismas en la cantidad que considere necesarias.

6. Conclusiones

Se ha diseñado una metodología que ha dado como resultado una placa pequeña y sencilla de elaborar utilizando en este caso un CPLD, enfocado para la realización de prácticas relacionadas a la programación con VHDL. Se puede aplicar también para proyectos más elaborados, pues no está limitado en hardware, sino en la habilidad de programación.

7. Referencias

- [1] OpenCores. Repositorio de diseños hardware, descritos en lenguajes HDL, para ser sintetizados en FPGAs. <http://www.opencores.org>.
- [2] Haya Coll, Pablo A.; González Gómez, Juan. *Manual de la tarjeta JPS-XPC84*. Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, (2003).
- [3] Arellano Mauleón, Francisco; Calderón Setién, Francisco; Somovilla de la Torre, Sergio. *Diseño y fabricación de una placa didáctica basada en FPGA*. Director: José Manuel Mendías Cuadros. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática, (2006).
- [4] Ferrés, David. *Tarjeta de evaluación y prácticas para dispositivos CPLD*. Director: Joan Gil. Escola Universitària Politècnica de Mataró, Ingeniería Técnica Industrial, (2008).
- [5] Maxínez, David G.; Alcalá Jara, Jessica *VHDL El arte de programar sistemas digitales*. (Patria Cultural, México), 352 (2005).
- [6] Empresa Xilinx, fabricante de FPGAs. <http://www.xilinx.com>
- [7] Empresa Eagle Cadsoft <http://www.cadsoftusa.com/>
- [8] Información de JTAG <http://www.radio-electronics.com/>



MODELADO DE UN SISTEMA GESTOR DEL CONOCIMIENTO APLICADO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Danice D. Cano Barrón¹, Ezequiel Uh Hau¹, Francisca Berenice Cetz Povedano¹, Grecia Elizabeth Méndez Gil¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Motul, Carretera Mérida-Motul, Tablaje Catastral 383 C.P. 97430

danice.cano@tecmotul.org, ezequieluhau@gmail.com, berenice_cetz@hotmail.com,
grecia_elizabeth2010@hotmail.com

019919151632 – 019919151633

Palabras clave: Sistemas Gestores del conocimiento, UML, Educación superior, Innovación.

RESUMEN

Este trabajo describe modelado de un sistema informático para la gestión del conocimiento que tiene como objetivo agilizar el aprendizaje del alumnado del Instituto Tecnológico Superior de Motul, tanto en aspectos académicos como administrativos y cualquier otro proceso sobre el cual pudieran tener dudas los estudiantes. El sistema online permitirá a los alumnos acceder remotamente a dicha plataforma para agregar preguntas o dudas que serán respondidas por otros alumnos, mientras que los maestros podrán verificar si la respuesta es correcta o la pregunta válida para determinar su permanencia en el sistema. El origen de este proyecto subyace en la idea de que los alumnos aprenden más fácilmente al estudiar con otros alumnos, porque piensan y se comunican de manera similar. El contar con sistemas de esta naturaleza en el ámbito educativo permite utilizar tecnología que se utiliza actualmente de manera similar en organizaciones comerciales donde el propósito de su uso es mantener el valor de la información dentro de la empresa independientemente de la persona que la use o la posea beneficiaría tanto a los estudiantes como a los profesores, así como a los administración escolar, ya que contarían con un espacio dedicado únicamente a la resolución de problemas tradicionales.

ABSTRACT

This paper describes the modeling of a knowledge management system that aims to facilitate student learning in the Technological Institute of Motul, in aspects that include both academic and administrative aspects and any other process in which the students might have doubts. The online system will allow students to remotely access the platform to add questions or concerns that will be answered by other students, while teachers may verify whether the answer or question is correct and valid to determine their inclusion in the system. The origin of this project lies in the idea that students learn more easily studying with other students, because they think and communicate in a similar way. Having this kind of systems in education that use current technology used similarly in commercial organizations where the purpose of its use is to keep the value of information within the company regardless of the person's use or possesses will potentially benefit both students and teachers as well as the administration in order to have a space where de main objective is solving traditional problems.



1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han desarrollado diversos sistemas para mejorar la forma de aprendizaje, desde sistemas tutoriales hasta sistemas expertos en un área específica. En el área de sistemas computacionales, es muy frecuente el trabajo en los foros de consulta en los que se busca compartir información y responder a dudas que realizan otros usuarios de la comunidad. Las preguntas que se realizan son respondidas por miembros que saben la respuesta y comparten su solución. Sin embargo debido a la naturaleza abierta y flexible de esta herramienta la mayoría de las veces las respuestas no han sido comprobadas, no tienen una referencia donde se pueda consultar que la información sea correcta, en ocasiones las respuestas pueden ser erróneas o poco adaptables al contexto específico de la persona que realiza la consulta además de que las respuestas son calificadas por los usuarios que realizan la pregunta y puntúan las respuestas acorde con el nivel de ayuda que le prestó, por lo que no existe un parámetro exacto de medición.

Basados en el comportamiento de los foros, existen mecanismos un poco más sofisticados conocidos como los sistemas gestores del conocimiento (SGC), sistemas que buscan resolver las dudas que les surgen a los usuarios, permiten compartir experiencias y fungir como apoyo en la toma de decisiones, donde la idea es que los usuarios posean la facilidad de escribir sus dudas y cuenten con el apoyo de sus predecesores.

La idea de este proyecto es llevar a cabo el modelado de una herramienta cuyo objetivo primordial sea apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje, fomentar una cultura de investigación, promover la cooperación entre estudiantes y, finalmente, contar con un espacio para el aprendizaje colaborativo, resolución de dudas y consulta de fuentes fidedignas de información que cuente con la supervisión de los docentes para asegurar la confiabilidad de la información. Esta herramienta contempla que el profesor se encargará de elegir la mejor respuesta y calificar las diversas soluciones que sean propuestas para el problema, además de controlar que no existan respuestas o preguntas repetidas para evitar confusiones y acumulación de información innecesaria.

2. SISTEMAS GESTORES DEL CONOCIMIENTO O SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Un sistema de administración de la información (KMS por sus siglas en inglés de Knowledge Management System) es un conjunto organizado de personas, procedimientos, software, bases de datos y dispositivos utilizados para crear, almacenar, compartir y usar conocimiento y la experiencia de la organización, intentan ayudar a las organizaciones a lograr sus metas [2]. La nueva economía, la globalización y las nuevas tecnologías son algunos de los elementos que han hecho que la gestión del conocimiento vaya adquiriendo cada vez más importancia. El conocimiento, tal como se entiende hoy día, es un recurso que no sólo permite interpretar el entorno, sino que posibilita actuar apropiadamente, es un recurso que se haya en las personas y en los objetos (físicos o no) que estas personas utilizan, pero también en las organizaciones a las que pertenecen, en los procesos y en los contextos de dichas organizaciones.

La gestión del conocimiento consiste en optimizar el uso de la información mediante la creación de las condiciones necesarias para que los flujos de conocimiento circulen mejor, lo que se gestiona en realidad, no es el conocimiento en sí mismo sino las condiciones, el entorno y todo lo que hace posible y fomenta dos procesos fundamentales: la creación y la transmisión de conocimiento. Son diversos los instrumentos que permiten fomentar y mejorar estos dos procesos, pero para que un proyecto de gestión del conocimiento tenga éxito es fundamental observar, interpretar y entender



el funcionamiento de las organizaciones [1], por lo que el aprender del funcionamiento de la institución donde se implementará, resulta fundamental para el adecuado desarrollo del modelado.

2.1 Clasificación de los SGC

Los SGC se pueden clasificar de dos maneras: los del conocimiento colaborativo y los de estructuración del conocimiento. Los sistemas de gestión del conocimiento colaborativo son espacios utilizados por varios usuarios donde se utilizan herramientas que favorecen la comunicación, las actividades entre usuarios, además de ayudar al aprendizaje y a compartir información. Mientras que los sistemas de gestión de la estructura del conocimiento, son intermediarios de la información, son sistemas basados en bibliotecas digitales [2].

De acuerdo con la clasificación anterior, un sistema gestor del conocimiento tiene como objetivo principal el compartir información, en ocasiones ésta es supervisada, tal y como ocurre en el sistema de gestión de conocimiento colaborativo donde se pretende que la información sea monitoreada para verificar que sea confiable, ya que la información que contiene es proporcionada por los usuarios de este espacio, por el contrario el sistema de gestión de la estructura del conocimiento está fundamentado por bibliotecas y ontologías.

El uso de esta herramienta comienza ubicando el conocimiento, con el apoyo de un mapa de conocimiento que clasifica y dirige al usuario hacia el área necesitada. La creación implica introducir algo nuevo, visualizarlo, colaborar con otros y personalizar el conocimiento. Luego se transfiere, donde la información es compartida, distribuida y se le da un seguimiento. La información se almacena para poder ser filtrada, permitir la búsqueda, ser clasificada y que permita exportarla, por último la información es usada donde se evalúa, gestiona y se revisa.

2.2 Beneficios de los SGC

La administración del conocimiento permite a las organizaciones compartir el conocimiento y las experiencias entre sus administradores y empleados. Permite que, cuando un integrante de la organización se vaya, sus conocimientos permanezcan y puedan ser de utilidad para el resto de las personas. Los sistemas para la gestión del conocimiento son una excelente estrategia para el trabajo de grupo, pues permite que los integrantes de un grupo compartan sus experiencias y amplíen sus conocimientos para un mejor desempeño. De acuerdo con las instituciones que usan los SGC tienen más oportunidad de innovar y desempeñarse mejor.

Aplicados a un entorno educativo de nivel superior, los SGC facilitarían el tránsito de los estudiantes a través de su proceso formativo, mejoraría la forma en la que comprenden sus procesos académicos y administrativos ya que sus compañeros serán los encargados de compartir su visión y sus experiencias, la forma en la que enfrentaron los retos y la forma en la que decidieron resolverlos.

3. METODOLOGÍA

El desarrollo de un proyecto de software, sea de la naturaleza que sea, requiere de un proceso referido a un modelo que describe específicamente las tareas y las fases por las cuales atravesarán las actividades. El modelo más utilizado es el modelo en cascada que consta de las fases de: análisis de requisitos, diseño del sistema, diseño del programa, codificación, pruebas, implantación y mantenimiento, de los cuales sólo se abarcaran las dos primeras fases en este trabajo.



Usando esta metodología en cascada [3] se llevó a cabo en la fase de análisis de requerimientos de los usuarios finales del sistema para determinar qué objetivos se deben cumplir, luego se inició la fase de diseño organizando el sistema en elementos que puedan elaborarse de forma separada para así modelar su comportamiento.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto de adaptar los SGC aplicándolos al área educativa tiene por objetivo modelar el funcionamiento de una herramienta que facilite el aprendizaje a través de una comunidad digital donde los alumnos pudieran trabajar temas que son utilizados en sus carreras correspondientes. El uso de este sistema contribuirá a generar un entorno donde los alumnos podrán desarrollar habilidades utilizando los conocimientos y las experiencias de sus compañeros al presentarse un entorno confiable en el cual encontrará respuesta a las dudas que se le presenten a lo largo de su carrera, en diversos ámbitos académicos, administrativos, etc.

Este sistema funcionará como un espacio de intercambio de información, con el agregado de seguridad y confiabilidad en las respuestas al ser supervisado constantemente por docentes, aprobando que el contenido sea aceptable o correcto.

El sistema será un medio donde además de resolver dudas, se podrá compartir experiencias obtenidas a lo largo de la realización de las actividades que se realizan durante la formación del alumno, para así apoyar a compañeros que pasan por el mismo proceso de formación. La seguridad de este sistema se basa en la restricción que se presenta, al ser utilizado solo por alumnos de la institución en la que se implementará.

4.1 Análisis de Requerimientos

Según Pressman (2010) los requerimientos son todos aquellos recursos que el producto necesita, en esta fase se hace una descripción de todo lo que el producto debe hacer y debe tener, se enlistan todos los detalles que el producto final debe de cubrir. Se dividen en funcionales y no funcionales, estos a su vez se clasifican en requerimientos de usuario y del sistema. A continuación se enlistan todos los requerimientos que el sistema necesitará.

4.1.1 Requerimientos del Usuario

Como primer paso del proceso de diseño, se establecen los requerimientos del usuario de la aplicación, para determinar las principales funcionalidades que se esperan de la herramienta. Después de analizar las características básicas de un SGC se establecieron los siguientes requerimientos.

1. Permitir que el maestro califique como válidas las preguntas y / o respuestas.
2. Realizar búsquedas de temas existentes.
3. Administrar perfiles para maestros y alumnos inscritos al sistema.
4. Permitir al maestro administrar las respuestas.
5. Controlar el acceso al sistema.
6. Permitir al alumno y al profesor clasificar las preguntas de acuerdo a diversos controles: carrera, asignatura, unidad, tema, etc.
7. Permitir a los alumnos administrar sus preguntas.
8. Permitir a los alumnos responder las preguntas generadas por otros usuarios.
9. Filtrar preguntas de acuerdo a la carrera, materia, palabras clave
10. Almacenar las preguntas y las respuestas, así como la información del usuario.



- 11. Administrar las palabras clave.
- 12. Permitir restablecer contraseña.

4.1.2 Requerimientos del Sistema

Derivados de los requerimientos del usuario, se establecen de igual manera los requerimientos del sistema. En este sentido se enlistan los requerimientos del sistema en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, enlistados con los requerimientos de usuario correspondiente.

TABLA I

Requerimientos del Sistema	Requerimientos del usuario
Contar con interfaz de administración de datos de los usuarios.	1, 4, 5, 6, 9,10, 17, 18, 19
Administrar las conexiones a las BD.	1, 4, 5, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
Administrar datos de la BD.	1, 4, 5, 17, 18, 19
Administrar eventos y notificaciones del sistema.	10, 5
Administrar errores.	Todos

Tabla IX. Requerimientos del sistema.

Además de los requerimientos de los usuarios y del sistema, el modelado de la aplicación requiere de establecer requerimientos funcionales y no funcionales. Cada uno de los cuales se subdivide a su vez en detalles más específicos en términos de lo que debe hacer la herramienta.

A continuación se presentan los requerimientos no funcionales del producto, los organizacionales y los externos.

4.1.3 Requerimientos no Funcionales

Según Pressman (2010), los requerimientos no funcionales no afectan el funcionamiento principal del sistema, es decir, el sistema puede funcionar sin cubrir estos requerimientos, principalmente están orientados a cumplir con normas y estándares de los clientes. En la Tabla X se describen las características del entorno del sistema, enlistando los requerimientos de usabilidad, rendimiento o capacidad de respuesta y portabilidad.



TABLA II

Tipo de Requerimientos	de Requerimiento
Requerimientos de Usabilidad	<ol style="list-style-type: none">1. Manejo de una paleta adecuada de colores, es decir, mantener un contraste adecuado entre los componentes y el texto/imágenes.2. Diseñar interfaces intuitivas, fáciles de entender por parte de usuarios no expertos en computación.3. Utilizar vocabulario fácil de entender por parte de los usuarios.4. Generar alertas en caso de fallo.5. Permitir guardar los reportes en PDF y permitir la impresión de los reportes en diversos tipos de impresora.
Requerimientos de Rendimiento o capacidad de respuesta	<ol style="list-style-type: none">1. El sistema deberá ser rápido y el tiempo de respuesta deberá ser el mínimo posible.2. El sistema deberá tener un control de excepciones.3. El sistema deberá tener la capacidad de soportar más de 25 usuarios online concurrentemente.
Requerimientos de Portabilidad	<ol style="list-style-type: none">1. Capacidad para funcionar en mínimo 4 navegadores (Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome.)2. El sistema podrá funcionar adecuadamente en plataformas Windows 7.

Tabla X. Requerimientos no funcionales de Producto

4.1.4 Requerimientos no funcionales Organizacionales

Los requerimientos no funcionales organizacionales se relacionan con el contexto en el que realiza el proyecto e implementará el sistema. En la tabla III se enlistan los estos requerimientos mencionados anteriormente [3].

TABLA III

Tipo de requerimientos	de Requerimientos
Requerimientos de Entrega	<ol style="list-style-type: none">1. Se deberá entregar un manual para cada tipo de usuario (alumno, profesor, administrador).2. El sistema deberá ser entregado con las librerías necesarias para su



	<p>correcto funcionamiento.</p> <p>3. El sistema deberá ser instalado en el servidor y ajustado para funcionar de manera remota.</p>
Requerimientos de Implementación	<p>1. El sistema deberá tener la capacidad de funcionar en máquinas con arquitecturas de 32 y 64 bits.</p> <p>2. El sistema debe funcionar en máquinas de diferentes resoluciones de pantalla</p> <p>3. Se debe estructurar el código del programa de una manera consistente y entendible para facilitar su modificación en un futuro.</p>
Requerimientos de Estándares	<p>1. Los colores del sistema deben ser los mismos que representan a la escuela (rojo y gris principalmente).</p> <p>2. Los reportes deben contener el formato de los documentos que se utilizan en la escuela.</p>

Tabla XI. Requerimientos no funcionales organizacionales del producto.

4.4 Requerimientos no funcionales Externos

Los requerimientos no funcionales externos enlistan a aquellos que no van en el código, si no en la manera en cómo se usará y la seguridad que tendrá. En la tabla IV se enlistan estos requerimientos.

TABLA IV

Tipo de requerimiento	Requerimientos
4.4.1 Requerimientos de Privacidad	<p>1. Se deberá controlar el acceso a la información por parte de cada usuario, ya que no todos los usuarios tendrán derecho a consultar la misma información.</p> <p>2. La base de datos del sistema no deberá estar enlazado a otros sistemas externos.</p>
4.4.2 Requerimientos Éticos	<p>1. La información almacenada solo podrá ser consultada por los usuarios autorizados a esta.</p>
4.4.3 Requerimientos de Seguridad	<p>1. La información no será eliminada de la base de datos si no que pasará a un estado de inactivo.</p> <p>2. El acceso deberá ser controlado con nombres de usuario y contraseñas.</p> <p>3. Las contraseñas deberán tener más de 6 caracteres, combinando números,</p>



	<p>símbolos, mayúsculas y minúsculas para aumentar la seguridad.</p> <ol style="list-style-type: none">Las cuentas de usuario deberán de cerrar su sesión automáticamente después de que el explorador se cierre.La información almacenada deberá estar cifrada para evitar su obtención en caso de ser interceptada o robada.Se debe realizar periódicamente una copia de seguridad de la información almacenada en la base de datos.
--	--

Tabla XII. Requerimientos no funcionales externos.

4.2 Diagramas de Casos de Uso

Los casos de uso describen las tareas que deberá realizar un actor dentro del entorno del sistema para llevar a cabo un proceso. Los actores son los personajes que inician alguna tarea que ejecutará el sistema. Los diagramas de caso de uso son importantes porque describen las relaciones entre diferentes tareas y el actor que las realizará [3].

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los casos de uso del Administrador, el cual tiene a su cargo tareas que le permitirán mejorar el funcionamiento del sistema. El administrador, será capaz de validar, administrar a los usuarios, así como actualizar su información y añadir módulos.

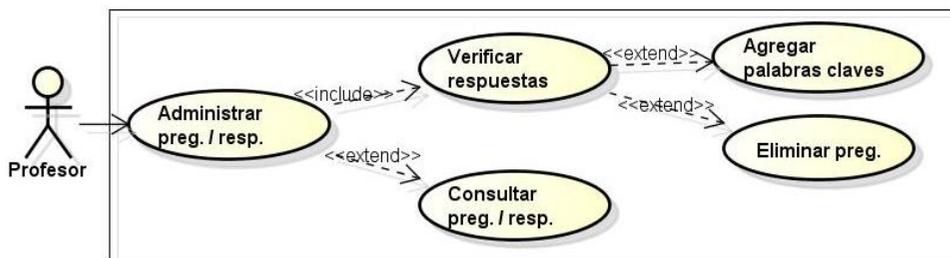
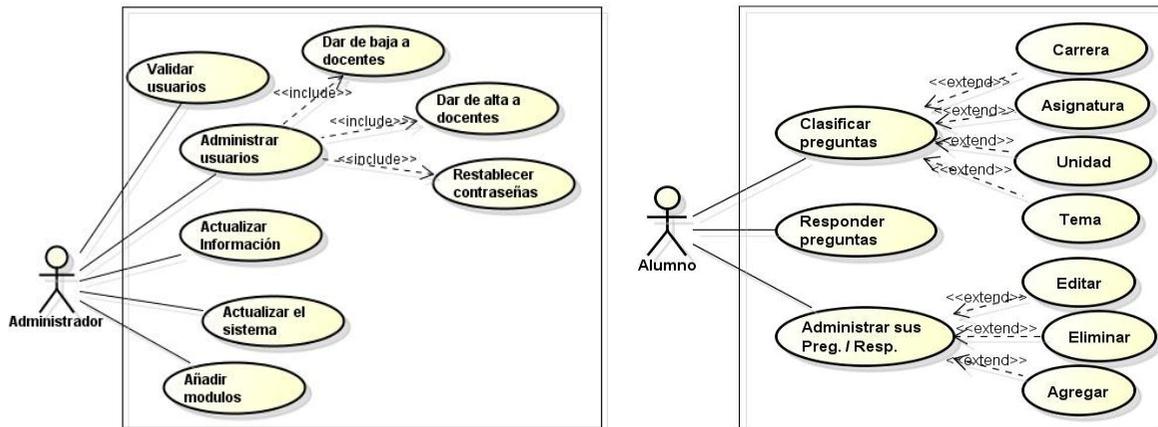


Figura 9. Diagrama de caso de uso del Administrador

En la Figura 2 se muestran los casos de uso del profesor y del estudiante, quienes a diferencia del administrador, realizarán tareas que permitirán que el sistema cumpla con los objetivos de su creación. Los profesores serán los encargados de dar de alta a los alumnos y de administrar las preguntas y respuestas que los alumnos agreguen para mantener la integridad de la información. Los alumnos por su parte, se encargarán de responder las preguntas agregadas por otros alumnos, también podrán realizar sus propias preguntas y agregarles parámetros de clasificación para optimizar las búsquedas posteriores de está.



(a)

(b)

Figura 10. Diagramas de casos de uso (a) del Profesor y (b) del Estudiante

4.3 Diagramas Entidad – Relación (E/R)

Los diagramas Entidad – Relación (E/R) representan la forma en la que se estructurarán las tablas para almacenar adecuadamente la información en una base de datos [3]. Como su nombre lo dice, estos diagramas muestran las relaciones (rombos) existentes entre las diferentes entidades (rectángulos). El siguiente diagrama presenta las entidades y relaciones correspondientes al sistema, describe que es el alumno el que hace las preguntas y respuestas mientras que el profesor las califica, también muestra que cada pregunta tiene palabras claves que permitirán filtrarla adecuadamente.

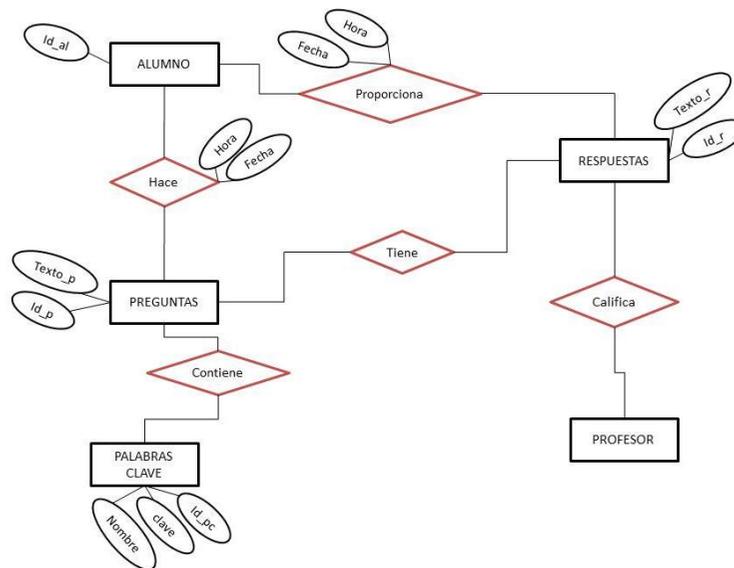


Figura 11. Diagrama de entidad-relación del sistema



4.4 Diagramas de Secuencia

Los diagramas de secuencia muestran la manera en que se realizan las diferentes tareas que ejecutarán cada uno de los actores con ayuda del sistema. A continuación se presentan los diagramas y su descripción [3].

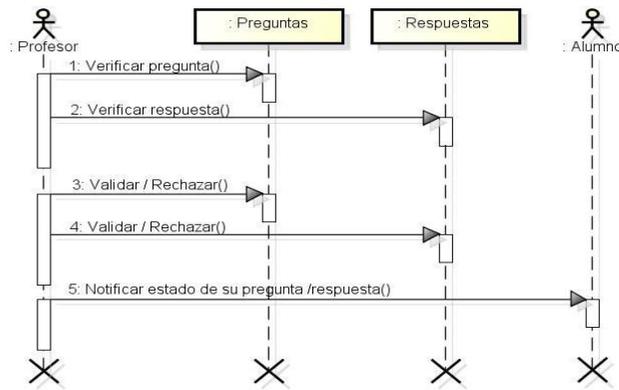


Figura 12. Diagrama de secuencia de calificación de las preguntas y/o respuestas.

En la figura 52 se muestra la secuencia adecuada para validar una pregunta o respuesta, en el inicio el profesor lee la pregunta y verifica que no sea incorrecta o repetida para poder determinar su validez, después hace lo mismo con las respuestas y en cada caso el sistema notifica al alumno el estado de su aportación.

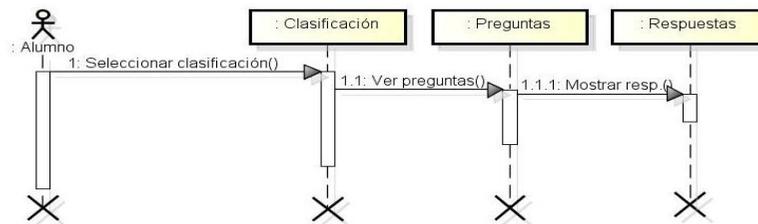


Figura 13. Realizar búsquedas de temas existentes.

La 5 representa la secuencia para realizar búsquedas de información almacenada, esta inicia cuando un usuario (profesor y estudiante) selecciona una categoría de clasificación para filtrar las preguntas correspondientes a dicha clasificación, finaliza cuando se selecciona una pregunta y se despliegan las respuestas.

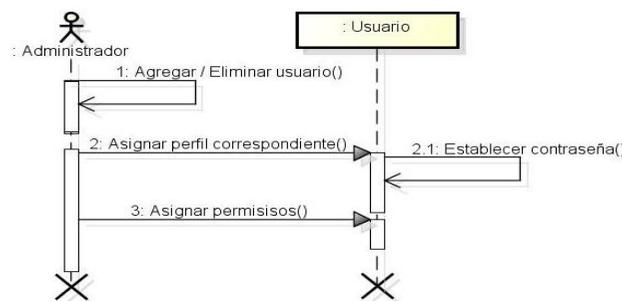


Figura 14. Administrar perfiles de maestros y alumnos inscritos al sistema.



El diagrama de la Figura 53 explica cómo se administran los perfiles de usuario, primero el administrador agrega a los usuarios para poder asignarles el perfil que corresponda, una vez que el usuario tenga un perfil le agrega una contraseña a su cuenta, finaliza cuando el administrador sede los permisos correspondientes al perfil de cada usuario.

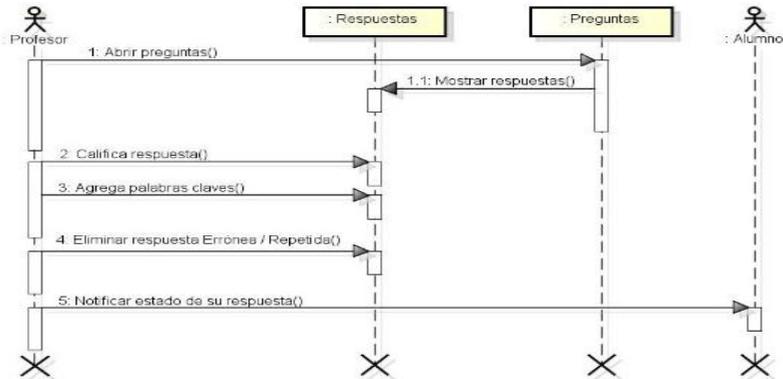


Figura 15. Permitir al maestro administrar las respuestas.

El proceso que permite a los profesores administrar las respuestas que agregan los alumnos se explica en la figura 54. Para esta tarea, es necesario que el profesor seleccione una pregunta para poder leer las respuestas de esta, después determinar si la respuesta es correcta, si el contenido no es propio, si es incorrecta, para finalizar el sistema envía al alumno una notificación del estado de su respuesta.

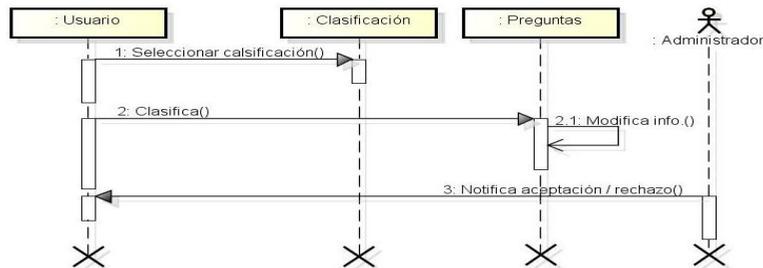


Figura 16. Permitir al alumno y/o profesor clasificar las preguntas de acuerdo a diversos parámetros

La figura del diagrama 8, muestra los pasos que se debe de seguir para clasificar una pregunta en alguna de categoría. Inicia cuando se selecciona una categoría para clasificar alguna pregunta, después automáticamente se modifica la información o detalles de la pregunta y finaliza cuando el administrador manda el mensaje de aceptación o rechazo de los cambios efectuados.

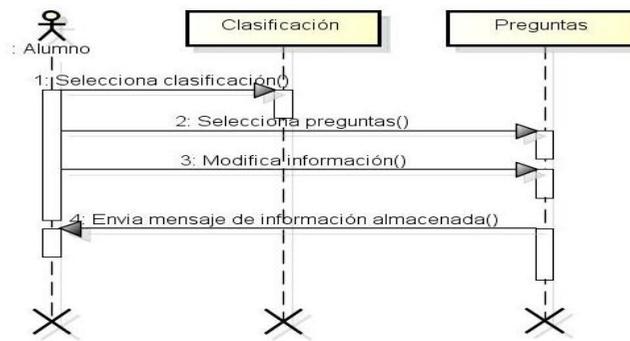


Figura 17. Permitir a los alumnos administrar sus preguntas.

La figura 55 describe el proceso mediante el cual el estudiante puede administrar sus respuestas, primero selecciona una pregunta ayudándose de las clasificaciones, después realiza los cambios que crea conveniente y los guarda, finaliza cuando el alumno recibe un mensaje de confirmación de información almacenada.

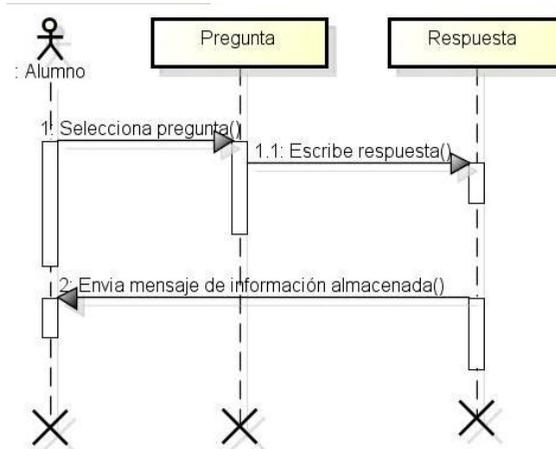


Figura 18. Permitir a los alumnos responder las preguntas generadas por otros usuarios.

Los pasos que debe seguir un alumno para responder las preguntas generadas por otros alumnos se describe en la figura 56. El alumno selecciona una pregunta y si lo desea agrega su respuesta, para concluir recibe un mensaje de confirmación de información almacenada.

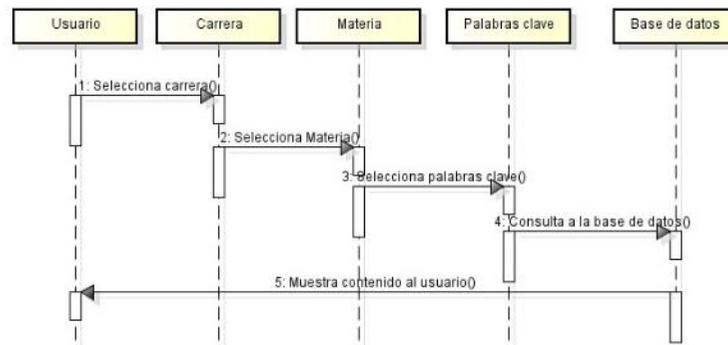


Figura 19. Filtrar preguntas.



En la figura 57 se explica cómo se filtran las preguntas de acuerdo a alguna clasificación, inicia cuando el usuario selecciona una categoría, después el sistema realiza una consulta a la base de datos para verificar el contenido que exista con esos parámetros, una vez encontrada la información el usuario puede visualizar ese contenido.

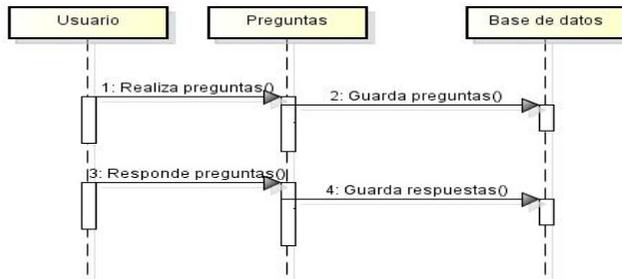


Figura 20. Almacenar las preguntas y respuestas, así como la información del usuario.

En el diagrama de la figura 58 se explica la secuencia que se sigue para almacenar las preguntas y respuestas de los alumnos. Inicia cuando el estudiante realiza una pregunta o respuesta y finaliza cuando los cambios se almacenan en la base de datos.

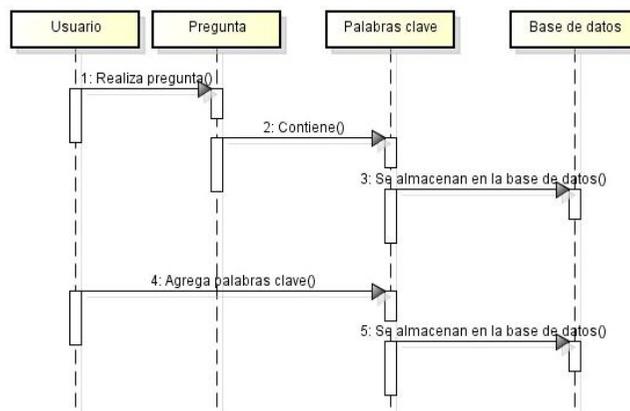


Figura 21. Administrar las palabras clave.

Los usuarios pueden administrar las palabras claves de las preguntas, este proceso se explica en la figura 59. Para iniciar, el alumno crea una pregunta y le agrega palabras claves, si la pregunta ya está creada puede solamente agregarle las palabras claves, al final la información se guarda en la base de datos.

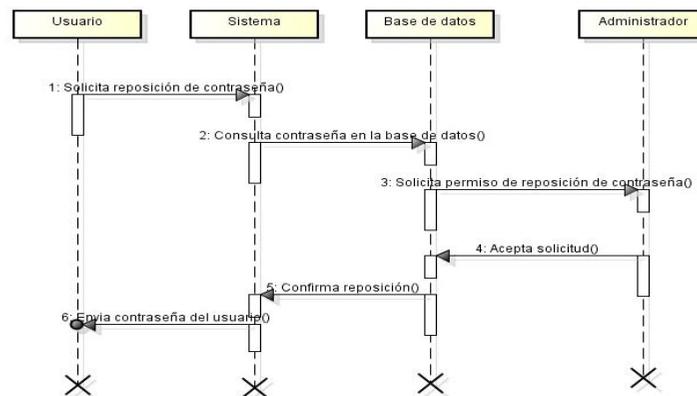


Figura 22. Permitir restablecer contraseña.

Los pasos para restablecer una contraseña se presentan en el diagrama de la figura 60. Al inicio el usuario solicita la restauración de la contraseña y el sistema consulta la información en la base de datos, después solicita el permiso para poder continuar, una vez que se acepta la solicitud, la contraseña se restaura y finalmente se envía un mensaje al usuario con la información de la nueva contraseña.

5. CONCLUSIONES

Es importante utilizar los beneficios de las nuevas tecnologías para generar nuevas formas de enseñanza que permitan al alumnado participar en actividades alternativas que los motiven a aprender colaborativamente aprovechando las ventajas que diversos sistemas tienen. Los Sistema Gestores del Conocimiento combinan la enseñanza con la tecnología para generar nuevas y mejores formas para la educación, proveyendo un entorno en el cual la información y el conocimiento de las personas se pone al servicio de los demás, facilitando el tránsito por la vida estudiantil y mejorando los servicios que se presentan.

El principal trabajo a futuro consiste en la implementación, pruebas e implantación del sistema, de manera que todo el trabajo desarrollado en la fase de análisis se vea en marcha en una aplicación funcional. La idea es construir con base en estos diagramas una aplicación Web que práctica y de fácil manejo, respondiendo a las necesidades del usuario y a las normas y estándares de la red. Se pretende además de dotarlo con un sistemas de monitoreo permanente para evitar errores, tratando de actualizarlo constantemente para convertirlo en un medio eficaz y eficiente de información.

REFERENCIAS

1. Canals, Agustí (2003). "La gestión del conocimiento". En: *Acto de presentación del libro Gestión del conocimiento (2003: Barcelona) [en línea]. UOC. [Fecha de consulta: 05/02/2013]. <<http://www.uoc.edu/dt/20251/index.html>>*
2. R. Stair; G. Reynolds, *Principios de sistemas de información: un enfoque administrativo*, (Ed. Cengage Learning,) (2010).
3. R. Pressman, *Ingeniería de Software: Un enfoque práctico*, (Ed. McGraw Hill Iiteramericana), (2010).



Modulo para realizar prácticas de Control Eléctrico.

Eduardo Gonzalo Manuel Tzul.

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Av. Nopaltepec s/n, Col. La Coyotera, Cuautitlán Izcalli, México.

Email: tzulmxx@hotmail.com

Tel: 5820 6211, 044 55 3522 4764

RESUMEN.

En control eléctrico la realización de prácticas es de suma importancia, pero en muchas instituciones se carece de equipo o no son los suficientes para que toda la comunidad estudiantil pueda realizarlas. En algunas instituciones se tiene la fortuna de contar con equipos suficientes para prácticas de automatización y control eléctrico, pero se enfrentan a otra problemática, el mantenimiento y consumo de refacciones, ya que es muy común que con la inexperiencia de los alumnos cometan errores de conexión y dañen los equipos.

Se ha diseñado y armado un modulo de control eléctrico que los estudiantes fabrican con materiales económicos y que pueden encontrar en la comunidad. Los componentes que se utilizan son los siguientes, como dispositivos de entrada; Botones Normalmente Abiertos, Botones Normalmente Cerrados, Interruptores de Limite, como dispositivos de control; Relevadores de Control, Temporizadores y Contadores; y como dispositivos de salida; Lámparas y Motores. Así como se muestra en la Figura I.

El armado del modulo de control eléctrico se lleva a cabo durante las primeras practicas del semestre, y se tienen programadas 6 practicas para realizar el ensamblado en una tabla de perfocel.

Practica 1. "Botones y Lámparas"

Practica 2. "Interruptores de Limite".

Practica 3. "Relevadores de Control".

Practica 4. "Temporizadores".

Practica 5. "Contadores".



Botones	Relevadores	Lámparas Indicadoras
Limites	Tempori- zadores	Contadores

Figura 1. Esquema que muestra la localización de las partes del modulo.

Para finalizar el modulo, deberá realizarse una base la cual permita su fácil transportación y uso de los estudiantes. Esta base puede ser de madera o acrílico según las posibilidades económicas de los estudiantes. En la figura II se muestra un modulo con base de madera.

Se estima un costo total de: 1555 pesos. Como el proyecto es en equipo de 4 personas, el aporte que debe hacer cada estudiante es de 400 pesos aproximadamente.

Este modulo servirá para que los estudiantes puedan realizar prácticas en su casa de igual forma puedan adquirir mayor experiencia antes de utilizar los módulos de control eléctrico del Tecnológico. De esta forma ayudamos a la conservación de los equipos de la escuela y bajamos los costos de mantenimiento y refacciones que estos necesitan.

Los estudiantes se motivan en el momento en que comienzan armar su modulo y al mismo tiempo conocen y comprenden el funcionamiento de cada uno de los componentes eléctricos, conforme van realizando cada una de las practicas. El diseño de este modulo fue un reto muy importante, el buscar una alternativa a una necesidad urgente que tenia la institución, motivo a que se buscaran alternativas para dar solución a dicha problemática.

El buscar componentes que remplazaran el funcionamiento de los equipos eléctricos como los temporizadores a la conexión o desconexión así como los contadores fue el mayor reto. El poder diseñar circuitos que pudieran controlar eléctricamente un dispositivo a través de uno electrónico



provoco que los estudiantes no solo obtuvieran las competencias previstas en el plan de estudios, si no que pudieron desarrollar muchas otras como las de comprobación de dispositivos electrónicos, uso del manual del fabricante, diagnostico de fallas y detección de errores entre otras.

Otra de las ventajas y quizás la más principal es el costo ya que un Kit de control eléctrico con las características del que se construye tiene un costo aproximado de 16 000 pesos. Y el costo de este módulo es mucho menor.



Figura 2. Modulo con base de madera.

1. INTRODUCCIÓN.

El armado del modulo de control eléctrico se lleva a cabo durante sexto semestre en la asignatura de Control Eléctrico I y en séptimo semestre en la asignatura Control Eléctrico II, se tienen programadas 5 practicas para realizar el ensamblado.

Durante el desarrollo de las practicas el estudiante desarrolla la competencia genérica “Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos”, apoyándose en los siguientes atributos.

- Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo como cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.
- Sintetiza evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular nuevas preguntas.
- Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para procesar e interpretar información.



En lo que respecta al desarrollo de la competencia disciplinar se encuentra; “Aplicar dispositivos de control eléctrico como medio de control, para la automatización de un proceso”.

Apoyándose en los siguientes atributos.

- Realizar la conexión de los dispositivos eléctricos con los elementos del sistema a controlar de acuerdo a las especificaciones.
- Realiza simulación de operación.
- Arma y comprueba el circuito de control.

2. DESARROLLO

2.1 Materiales Requeridos para el desarrollo de las prácticas.

- 1 Perfocel de 40 x 40 cm.
- 4 Botones Normalmente Abiertos.
- 4 Botones Normalmente Cerrados
- 4 Botones Selectores
- 6 Interruptores de Limite
- 6 Lámparas Indicadoras.
- 9 Relevadores de Control de 12 volts.
- 4 Placas fenolicas tipo Protoboard
- 3 Bases para circuito integrado 555
- 3 Circuitos Integrados 555.
- 3 Potenciómetros de perilla de 10 Kilo ohms.
- 3 Capacitores de 2200 micro faradios.
- 3 Capacitores de 10 nano faradios.
- 2 CI 7474
- 1 CI 74386
- 2 CI 7432
- 2 CI 7410
- 5 Diodos Leds Rojos
- 6 Resistencias de 330 ohms.
- 110 Jacks color Negro
- 40 Cables caimán – caimán
- 10 Metros de cable de bocina calibre 16 o 18.
- 1 Soldadura

2.2 Herramienta Requerida para el desarrollo de las prácticas.



- 1 Desarmador Plano
- 1 Desarmador de Cruz
- 1 Cautín soldador

2.3 Equipo Requerido para el desarrollo de la práctica.

- Multímetro
- Fuente de alimentación.

2.4 Practica 1. “Botones y Lámparas”

2.4.1 Lámparas.

Una lámpara es un dispositivo eléctrico que es activada cuando una corriente eléctrica es detectada en sus terminales y por consecuencia genera un haz luminoso que es usado como indicador de alguna función.

Americano



Europeo



Figura 3. Simbología Americana y europea de Lámparas Indicadoras.

2.4.2 Botones.

Es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Y existen dos tipos de botones:

Botón Pulsador: Los botones son por lo general activados al ser pulsados, funcionan por lo general como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene dos contactos, uno, si es un dispositivo NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado), con lo que al pulsarlo se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando.



Figura 4. Simbología Americana del Botón Pulsador

Normalmente Abierto y Botón Pulsador Normalmente Cerrado.



Figura 5. Simbología Europea del Botón Pulsador

Normalmente Abierto y Botón Pulsador Normalmente Cerrado.

Botón Selector: El botón selector después de ser pulsado permanece en el estado activado o desactivado según sea el caso.



Figura 6. Simbología Americana y Europea del Botón Selector.

2.4.3 Desarrollo de la Práctica 1.

1. Con ayuda del multímetro compruebe que cada uno de los botones funcionen correctamente de acuerdo a sus especificaciones técnicas.
2. Divida el Perfocel en seis partes iguales y márkelo tenuemente con un lápiz.
3. En la parte superior izquierda serán colocados por secciones los botones NA y NC con sus respectivos Jacks de conexión y su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.
4. En la parte Superior derecha serán colocadas las lámparas indicadoras con sus respectivos Jacks de conexión y su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.
5. Usando el multímetro compruebe que las conexiones de los botones como de las lámparas han sido realizadas e instaladas correctamente.



Botones		Lámparas Indicadoras

Figura 7. Localización de los Botones y

Lámparas en el Perfocel.

2.5 Practica 2. "Interruptores de Limite".

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una *carrera* o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc. Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

2.5.1 Desarrollo de la Práctica 2.

1. Con ayuda del multímetro compruebe que cada uno de los Interruptores de Limite funcionan correctamente de acuerdo a sus especificaciones técnicas.
2. Divida el Perfocel en seis partes iguales y márquelo tenuemente con un lápiz.
3. En la parte inferior izquierda serán colocados los Interruptores de Limites con sus respectivos Jacks de conexión y su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.



Botones		Lámparas Indicadoras
Limites		

Figura 8. Localización de los Interruptores de Limite en el Perfofel.

4. Usando el multímetro compruebe que las conexiones de los Interruptores de límite han sido realizadas e instaladas correctamente.

2.6 Practica 3. “Relevadores de Control”.

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

Relés electromecánicos

- Relés de tipo armadura: pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).
- Relés de núcleo móvil: a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes
- Relé tipo *reed* o de lengüeta: están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.



2.6.1 Desarrollo de la Práctica 3.

1. Divida el Perfocel en seis partes iguales y márkelo tenuemente con un lápiz.
2. Con ayuda del multímetro compruebe que cada uno de los contactos funcionan correctamente al energizar la bobina del relevador de control de acuerdo a sus especificaciones técnicas.
3. En la parte superior central serán colocados los Relevadores de Control y los Jacks así como su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.

Botones	Relevadores	Lámparas Indicadoras
Limites		

Figura 9. Localización de los Relevadores de Control en el Perfocel.

4. Con ayuda del multímetro compruebe que cada uno de los contactos funcionan correctamente al energizar la bobina del relevador de control de acuerdo a sus especificaciones técnicas directamente en el modulo.

2.7 Practica 4. “Temporizadores”.

El circuito integrado 555 es de bajo costo y de grandes prestaciones. Entre sus aplicaciones principales cabe destacar las de multivibrador estable (dos estados metaestables) y monoestable (un estado estable y otro metaestable), detector de impulsos, etcétera.

2.7.1 Multivibrador monoestable.

Esquema de la aplicación de multivibrador monoestable del 555. En este caso el circuito entrega a su salida un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador. El esquema de conexión es el que se muestra a continuación en la figura 10.

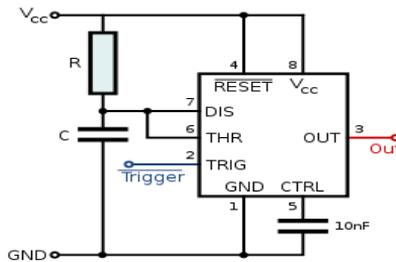


Figura 10. Circuito de Multivibrador Monoestable.

La fórmula para calcular el tiempo de duración (tiempo en el que la salida está en nivel alto) es:

$$T = \ln(3) \cdot R \cdot C$$

$$T \approx 1,1 \cdot R \cdot C$$

Nótese que es necesario que la señal de disparo, en la terminal No 2 del 555, sea de nivel bajo y de muy corta duración para iniciar la señal de salida. Con los conceptos anteriores se ha diseñado un temporizador eléctrico cuyo tiempo de retardo a la conexión puede ser variado entre 1 y 24 segundos gracias al potenciómetro de 10 Kilo ohms y el Capacitor de 2200 micro faradios.

Se utiliza un relevador de control para aprovechar la bobina y sus contactos para dar el pulso negativo de disparo y por el pin 3 del temporizador 555 obtener la salida de pulso, con el ancho previamente calibrado con el potenciómetro.

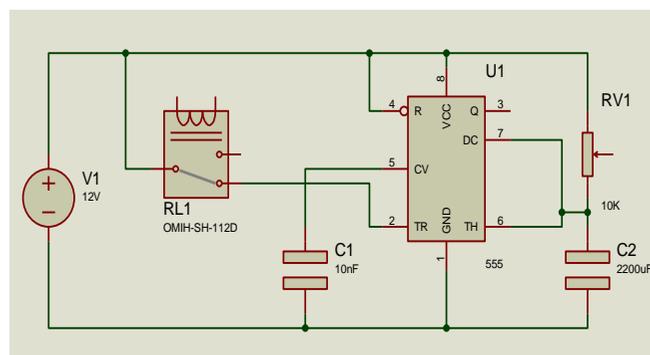


Figura 11. Circuito del relevador de control activado por disparo.



1. En la placa fenólica instalar y soldar los componentes para los tres temporizadores que serán colocados en el panel.
2. Divida el Perfocel en seis partes iguales y márkelo tenuemente con un lápiz.
3. En la parte inferior central serán colocados los potenciómetros y los Jacks por temporizador y su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.

Botones	Relevadores	Lámparas Indicadoras
Limites	Tempori Zadores	

Figura 12. Localización de los Temporizadores en el Perfocel.

2.8 Practica 5. "Contadores".

El contador es uno de los dispositivos más complejos en lo que respecta a control eléctrico debe de detectar el numero de pulsos que se desea programar para realizar una acción, este dispositivo fue remplazado por un contador digital, utilizando flip Flops tipo D. El flip-flop tipo D adicionalmente tiene dos entradas asincrónicas que permiten poner a la salida Q del flip-flop, una salida deseada sin importar la entrada D y el estado del reloj.

Estas entradas son: PRESET (poner) y CLEAR (Borrar). Es importante notar que estas son entradas activas en nivel bajo. Ser activo en nivel bajo significa que:

- Para poner un "1" en la salida Q se debe poner un "0" en la entrada PRESET.
- Para poner un "0" en la salida Q se debe poner un "0" en la entrada CLEAR

Es el tipo de entrada de reloj que producirá un cambio en la salida.

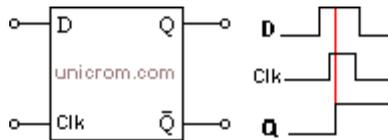


Figura 13. Diagrama de funcionamiento de un Flip Flop tipo D.

Cuando en nivel del reloj cambia de alto a bajo se lee la entrada del flip-flop (D) y se pone en la salida Q el mismo dato

Se diseñó con lo anterior un contador síncrono de tres variables cuyos estados van cambiando según la entrada del reloj, esta señal será nuestra señal de entrada que irá contando los cambios del contador. Se aprovechan los estados 2, 3, 4, 5, 6 y 7, colocando a cada una de sus salidas un relevador de control de 5 volts.

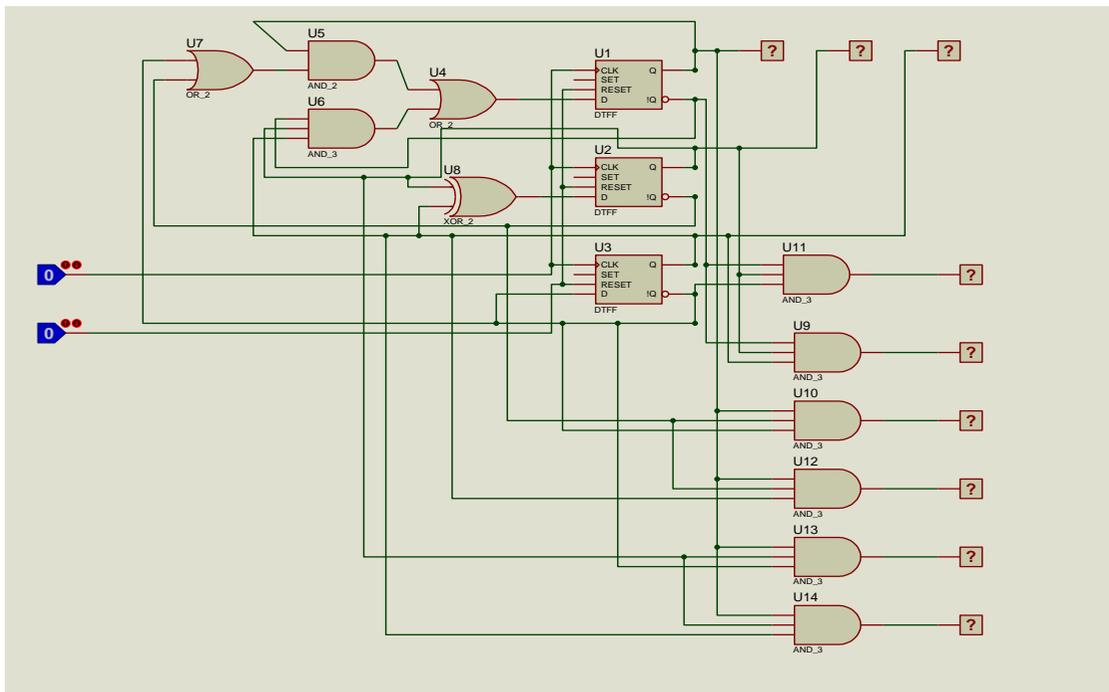


Figura 14. Circuito Digital de los contadores electrónicos.



2.8.1 Desarrollo de la práctica.

1. En la placa fenólica instalar y soldar los componentes para los contadores como se muestra en el diagrama anterior.
2. Divida el Perfocel en seis partes iguales y márkelo tenuemente con un lápiz.
3. En la parte inferior central serán colocados los Jacks de entrada y salida de los contadores y su simbología, como se muestra en el esquema siguiente.

Botones	Relevadores	Lámparas Indicadoras
Limites	Tempori- Zadores	Contadores

Figura 15. Localización de los Contadores en el Perfocel.

Para finalizar el modulo, deberá realizarse una base la cual permita su fácil transportación y uso de los estudiantes. Esta base puede ser de madera o acrílico según las posibilidades económicas de los estudiantes.



Figura 16. Base del modulo de Control Eléctrico.



3. COSTOS.

Los costos aproximados del modulo se desglosan en la Tabla I.

Tabla I.

No	Material	Precio Unitario	Subtotal
1	1 Perfofel de 40 x 40 cm.	30	30
2	4 Botones Normalmente Abiertos.	5	20
3	4 Botones Normalmente Cerrados	5	20
4	4 Botones Selectores	10	40
5	6 Interruptores de Limite	15	90
6	6 Lámparas Indicadoras.	15	90
7	9 Relevadores de Control de 12 volts.	18	162
8	4 Placas fenolicas tipo Protoboard	45	180
9	3 Bases para circuito integrado 555	4	12
10	3 Circuitos Integrados 555.	7	21
11	3 Potenciómetros de perilla de 10 Kilo ohms.	20	60
12	3 Capacitores de 2200 micro faradios.	10	30
13	3 Capacitores de 10 nano faradios.	4	12
14	2 CI 7474	12	24
15	1 CI 74386	16	16
16	1 CI 7432	10	10
17	3 CI 7410	16	48
18	4 Diodos Leds Rojos	4	16
19	4 Resistencias de 330 ohms.	1	4
20	110 Jacks color Negro	4	440
21	40 Cables caimán – caimán	4	160
22	10 Metros de cable de bocina calibre 16 o 18.	2	20
23	1 Soldadura	50	50

Tabla I. Desglose de costos aproximados de los materiales del modulo.

Se estima un total de: 1555 pesos. Como el proyecto es en equipo de 4 personas, el aporte en dinero que debe hacer cada estudiante es de 389 pesos.

4. CONCLUSIONES.

Los estudiantes se motivan en el momento en que comienzan armar su modulo y al mismo tiempo conocen y comprenden el funcionamiento de cada uno de los componentes electrónicos, conforme van realizando cada una de las practicas.



El diseño de este modulo fue un reto muy importante como profesor, el buscar una alternativa a una necesidad urgente que tenia la institución, motivo a que se buscaran alternativas para dar solución a dicha problemática. El buscar componentes que remplazaran el funcionamiento de los equipos eléctricos como los temporizadores a la conexión o desconexión así como los contadores fue el mayor reto. El poder diseñar circuitos que pudieran controlar eléctricamente un dispositivo a través de uno electrónico provoco que los estudiantes no solo obtuvieran las competencias previstas en el plan de estudios, si no que pudieron desarrollar muchas otras como las de comprobación de dispositivos electrónicos, uso del manual del fabricante, diagnostico de fallas y detección de errores entre otras.

5. REFERENCIAS.

- a) Muhammad H. Rashid, "*Electrónica de Potencia circuitos, dispositivos y aplicaciones*", Segunda edición, Editorial Pearson Educación.
- b) Thomas L. Floyd, "*Fundamentos de sistemas digitales*", Novena Edición, Editorial Prentice Hall.
- c) Romero Troncoso René. "*Electrónica digital y lógica programable*", Universidad de Guanajuato, México, Primera edición, 2007.
- d) Thomas E. Kissell, "*Industrial Electronics*", second edition, Editorial Prentice Hall.



SISTEMA DE SOFTWARE EDUCATIVO COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA BASES DE LA PROGRAMACIÓN

Ing. Rosa Elvira Moreno Ramírez, Dra. Ana Lilia Sosa Albarrán, Lic. María Luisa Gómez Santamarina, Ing. Alejandro Arellano Torres, Alfredo Valle Hernández

Instituto Tecnológico de Toluca

remrl2@yahoo.com.mx, asosaal@hotmail.com, marialui_gomez@yahoo.com.mx,
alejarellator@gmail.com, alfredo.valle@live.com.mx

RESUMEN

Este proyecto está orientado a estudiantes y docentes para apoyarlos en el fomento y la mejora del rendimiento académico dentro de las áreas de lógica y programación mediante el desarrollo de una herramienta de software de calidad que sirva de apoyo a los profesores de educación superior para la enseñanza de la lógica de programación haciendo uso de los sistemas e-Learning, a través de estrategias de aprendizaje autónomo, con material de apoyo teórico y práctico, mediante la práctica de ejercicios enfocados a problemas reales, dando la oportunidad a los usuarios de convivir en una comunidad de aprendizaje a través del foro, donde se expondrán dudas, comentarios, sugerencias y respuestas a ejercicios, tanto de estudiantes como de expertos en el tema, para obtener como resultado el incremento del índice de aprobación de estudiantes en esta materia.

ABSTRACT

This project is aimed at students and teachers to support them in promoting and improving academic performance in the areas of logic and programming through the development of a software tool of quality that serves as support to teachers of higher education for the teaching of programming logic by making use of e-Learning systems through strategies of autonomous learning, with supporting material theoretical and practical, using practical exercises targeted to real problems, giving the opportunity to the users live in a learning community through the Forum, where questions, comments, suggestions and answers to exercises, both students and experts in the field, will be showcased to obtain as a result increase the rate of adoption of students in this matter

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las ciencias de la computación apoyan en forma sustantiva a diversas disciplinas, y su impacto se ha consolidado en este mundo globalizado. Actualmente, la computadora desempeña un papel preponderante en la educación y en la investigación, percibiéndose sus implicaciones futuras, así como sus ventajas como herramienta en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En la década de los 70's, surge la idea de utilizar la computadora como un medio de enseñanza, y con esto, el problema sobre el diseño y la producción del Software Educativo, además de los modelos clásicos de enseñanza se buscaba modelos más abiertos, con una mayor interacción,



donde el usuario fuera quien controlara la acción del programa, siendo capaz de enseñar como entretener y divertir.

En las décadas siguientes se produce una intensa actividad en torno al uso educativo de las computadoras acompañado por el avance en el desarrollo de software. En las escuelas, además del software educativo específico para la enseñanza, se incorporan los programas informáticos como: Procesadores de textos, bases de datos, hojas de cálculo, Programas de diseño gráfico.

Pero ¿qué aspectos hay que tener en cuenta para desarrollar una actividad o software educativo? Lo primero que debemos tener en cuenta es la forma en la cual se producen los procesos de enseñanza/aprendizaje, además es necesario identificar el tipo de resultado que se espera que se lleve a cabo, para descubrir qué condiciones internas son precisas y qué condiciones externas son convenientes.

Además de reconocer los componentes procedimentales y los requisitos previos como también qué tipo o actividad conviene realizar.

El **software** no solo son los programas de computadora, sino también los documentos asociados y la configuración de datos que necesitan para hacer que estos programas operen de manera correcta, consiste en diversos programas independientes, archivos de configuración que se utilizan para ejecutar estos programas (Sommerville, 2005).

El Software Educativo, es el conjunto de programas educativos y programas didácticos utilizados para designar en forma genérica a los programas que han sido específicamente creados con fines didácticos (Marqués, 1996).

El presente documento contiene el trabajo de investigación para la construcción de una aplicación de software educativo para la enseñanza de la lógica de programación y el desarrollo de programas en un lenguaje C y Java.

Un lenguaje de programación es el medio por el cual existe la comunicación entre el ser humano y la computadora y éstos han ido evolucionando conforme va evolucionando el Hardware.

Es importante reconocer que el estudio de un lenguaje de programación conlleva el aprendizaje de la lógica computacional, tema tratado con diferentes técnicas de aprendizaje, que llegan a cubrir solo un porcentaje de cumplimiento del objetivo, por lo que los estudiantes se ven en la necesidad de buscar herramientas, que pretendan atender esa área descubierta para asegurar el éxito de su aprendizaje. Bajo este contexto, un software educativo es un componente lógico que incorpora los conceptos y metodologías pedagógicas, con el uso de una computadora, buscando convertir este componente en un elemento activo dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, aunado a que es muy variado en materia, forma o interactividad. Sin embargo según Marqués (Marques, 1999), tienen en común algunas características esenciales:

- Están diseñados con finalidad didáctica.
- Usan la computadora como soporte.
- Son interactivos.
- Individualizan el trabajo de los alumnos.
- Son fáciles de usar.

En todo software educativo didáctico se distinguen 3 módulos principales:

- 1) Entorno de Comunicación (o Interface): Es el sistema de entrada/salida (input/output), cuyo objetivo consiste en establecer un diálogo con el usuario y posibilitar la interactividad.



- 2) La Base de Datos: que integra información específica (texto, sonido, gráficos, etc.).
- 3) Motor o Algoritmo: consiste en el mecanismo lógico que gestiona cómo presentar la información.

El software educativo didáctico se clasifica según sus múltiples tipologías (Marques, 1999):

- a. Si integran o no elementos multimedia.
- b. Si son o no programas hipertextuales.
- c. Si son programas cerrados (de estructura fija) o abiertos (sobre una estructura dada el usuario añade el contenido, adecuándose más al contexto y diversidad de los alumnos).
- d. Si son programas directivos (en los que la computadora es el juez de la respuesta del alumno y un error representa un fracaso), o no directivos.
- e. Según el grado de control del programa sobre la actividad del alumno y la estructura de su algoritmo.

Algunos ejemplos de avances tecnológicos con relación al Software Educativo destacan:

CODECADEMY

Consiste en una popular plataforma de aprendizaje para programadores. Su agradable diseño, su planteamiento interactivo y su original propuesta de otorgar "medallas" (*badges*) al conseguir determinados logros contribuyeron a su éxito (Codecademy, 2013).

CODE SCHOOL

La "escuela del código" plantea una enseñanza basada sobre todo en la práctica. Los cursos de Code School están estructurados en formato de videojuego: divididos en varios niveles, cada uno de ellos con un vídeo seguido de varios ejercicios ("desafíos") que el alumno debe superar para pasar al siguiente nivel. (Codeschool, 2013)

COURSERA

Consiste en una plataforma de cursos online. Engloba a varias de las **universidades más prestigiosas** de todo el mundo (entre ellas, por ejemplo, Stanford o Princeton) bajo el loable objetivo de hacer llegar los conocimientos de estas instituciones a millones de personas de todo el mundo a través de Internet (Coursera, 2013)

PROGRAMR

Ofrece a los usuarios con un grado de conocimientos de la materia, un lugar donde practicar, mejorar y aprender nuevos conceptos, sin tener que asistir a clase (programer, 2013)

CODE RACER

Consiste en un juego online, que permite practicar las habilidades de programación en HTML y CSS del usuario. El juego trata de crear una página web en el menor tiempo posible, siguiendo las instrucciones y compitiendo con otros jugadores que estén online en el mismo momento en que el usuario lo está. (Code Racer, 2013).

Las herramientas consultadas anteriormente, ofrecen un ambiente enfocado a la enseñanza-aprendizaje de forma interactiva y la mayoría de ellos han sido innovadores en lo que respecta al E-Learning.



En algunos casos, universidades de renombre y grandes empresas, están involucradas de forma directa en varios proyectos de enseñanza de la programación, algunos de éstos por medio de juegos, otros por medio de cursos online, material en la nube, videos, etc. La gran mayoría de estos proyectos, se encuentran disponibles para todo público en la web en idioma inglés, lo que puede llegar a ser una desventaja para algunos de los usuarios, y pueden tener algún costo.

Tomando en cuenta la información anterior, se concluye que el proyecto “**Sistema de Software Educativo como Herramienta de Apoyo para Bases de la Programación**”, es un proyecto que tiene como finalidad la obtención de conocimiento, por parte de los alumnos, que tengan los deseos de aprender los fundamentos de los lenguajes de programación de forma autodidacta por medio de E-Learning teniendo como **meta verificar y validar el aprendizaje de los estudiantes mediante Técnicas de Evaluación apegadas a los programas de estudio vigentes**. Al final de esta etapa se obtendrá una aplicación de software, validada y probada para su implementación, teniendo la posibilidad de hacer actualizaciones futuras para su continua utilización.

Una de las ventajas del proyecto es que se encuentra desarrollado de acuerdo a los temarios establecidos para las materias de programación del Instituto Tecnológico de Toluca.

El Sistema de Software Educativo como Herramienta de Apoyo para Bases de la Programación, se plantea como una herramienta funcional que podrá ayudar a los alumnos y profesores a mejorar el rendimiento académico estudiantil dentro de las áreas de lógica y programación, cubriendo los siguientes objetivos específicos:

- Reducir el esfuerzo que realizan los profesores en la enseñanza con la participación en el foro través de comentarios y aclaración de dudas.
- Incrementar las capacidades de aprendizaje de los alumnos en la resolución de problemas susceptibles a ser computarizados.
- Desarrollar o explotar las capacidades cognitivas de los estudiantes mediante exámenes en línea, ejercicios en línea.
- Ofrecer a estudiantes una alternativa diferente de aprendizaje mediante el uso de E-Learning.
- Incrementar el material didáctico para la Educación a Distancia.

El producto final es un material didáctico interactivo que al mismo tiempo enseñe y divierta, evitando que el usuario pierda interés y que el aprendizaje se vuelva monótono y tedioso mediante el uso de recursos multimedia, como imágenes, sonido y video.

El sistema contará con ejercicios y exámenes de preparación, así como un foro electrónico sobre lo que más se le pueda dificultar al estudiante acerca de los temas, además impulsará al estudiante a desarrollar la lógica algorítmica y aplicar sus conocimientos en un lenguaje de programación (lenguaje C o JAVA), en la resolución de problemas científicos y tecnológicos.

Los principales puntos que justifican la realización de este proyecto son:

Innovación. Desarrollo de herramientas que apoyan en el proceso enseñanza-aprendizaje utilizando tecnologías de la información y la Educación.

Creatividad. Hasta el momento no se ha presentado un proyecto que reúna y aplique estas características.

Evolución. Los descubrimientos constantes de nuevas tecnologías hacen evolucionar inevitablemente la mentalidad de las personas, por ello con el estudio previo efectuado para



realizar esta propuesta y el conocimiento de las nuevas tecnologías que se imponen en el mercado, se optó por desarrollar el sistema que apoyará el aprendizaje de la lógica computacional de una manera autodidacta.

Necesidad. La alta demanda del aprendizaje de un lenguaje de programación ha ocasionado que los grupos de las carreras donde se imparte esta materia se encuentren a su máxima capacidad, obligando a los profesores a redoblar esfuerzos por atender de manera apenas suficiente a los estudiantes, por lo que el contar con una herramienta más de apoyo didáctico permitirá a los profesores enfocar el esfuerzo de la enseñanza en puntos estratégicos y de esta forma incrementar los índices de aprobación.

De este modo el impacto esperado se considera la Asesoría de alumnos y el Proporcionar cursos a los interesados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ingeniería de Software

La Ingeniería de Software es una disciplina o área de la informática que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad que resuelven problemas de todo tipo (Pressman, 2002). Al respecto de lo que es esta disciplina, Sommerville a su vez la define como una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema hasta el mantenimiento de este después de que se utiliza.

2.1.1 Ciclo de Vida del Software

Describe las etapas generales que todo software debe completar para poder considerarse como un producto terminado y confiable. La función principal del ciclo de vida es la de servir como base para el posterior desarrollo y aplicación de una metodología también conocidas como procesos de software. El ciclo de vida comienza con la formulación de un problema, seguido por la especificación de requisitos, análisis, diseño, codificación, integración y pruebas del software. Después viene una fase operacional durante la cual se mantiene y extiende el sistema (Weitzenfeld, 2005).

2.1.2 Modelos del Proceso de Software

Para resolver los problemas reales de una industria, un ingeniero del software o un equipo debe incorporar una estrategia de desarrollo que acompañe al proceso. Esta estrategia a menudo se llama modelo de proceso o paradigma de ingeniería del software. Se selecciona un modelo de proceso para la ingeniería del software según la naturaleza del proyecto y de la aplicación, los métodos y las herramientas a utilizarse, los controles y entregas que se requieren (Pressman, 2002). Los procesos de software con complejos y como todos los procesos intelectuales y creativos, dependen de las personas que toman decisiones. No existe un proceso ideal, y muchas organizaciones han desarrollado su propio enfoque para el desarrollo de software. Los procesos han evolucionado para explotar las capacidades de las personas de una organización, así como las características específicas de los sistemas que se están desarrollando (Sommerville, 2005).



2.1.2.1 El Modelo Incremental

El software al igual que todos los sistemas complejos evoluciona con el tiempo. Los requisitos de gestión y de productos a menudo cambian conforme el desarrollo procede, haciendo que el camino que lleva al producto final no sea real, las estrictas fechas de entrega del producto software hacen que sea imposible finalizar un producto completo. En estas y en otras situaciones similares, los ingenieros del software necesitan un modelo de proceso que se ha diseñado explícitamente para acomodarse a un producto que evolucione con el tiempo (Pressman, 2002).

Como muestra la Figura 2.1.2.1, el modelo incremental aplica secuencias lineales de forma escalonada mientras progresa el tiempo en el calendario. Cada secuencia lineal produce un “incremento” del software.

Cuando se utiliza un modelo incremental, el primer incremento a menudo es un producto básico. Es decir, se afrontan requisitos básicos, pero muchas de ellas (algunas conocidas, otras no) quedan sin extraer. El cliente utiliza el producto central como un resultado de utilización y/o de evaluación, se desarrolla un plan para el incremento siguiente. El plan afronta la modificación del producto central a fin de cumplir mejor las necesidades del cliente, la entrega de funciones y características adicionales. Este proceso se repite siguiendo la entrega de cada incremento, hasta que se elabore el producto completo.

La metodología Incremental propuesta por Pressman, está dividida en 4 fases:

- **Análisis:** Se centra en la recopilación de requisitos de información para el posterior desarrollo del sistema. Objetivo principal es comprender la naturaleza del software a construir, tomando en cuenta: funcionalidad, comportamiento, rendimiento y comunicación.
- **Diseño:** Se centra en la estructura de datos, arquitectura de software, representaciones de interfaz y detalles de algoritmo para el manejo de la información. El diseño después de traduce en una representación del software.
- **Código:** El diseño se traduce en lenguaje que la computadora pueda interpretar.
- **Pruebas:** Este proceso se centra en los procesos lógicos internos del software, asegurando que todas las sentencias se han comprobado; realizar las pruebas para detección de errores y asegurar que la entrada definida produce resultados reales de acuerdo con los resultados requeridos.

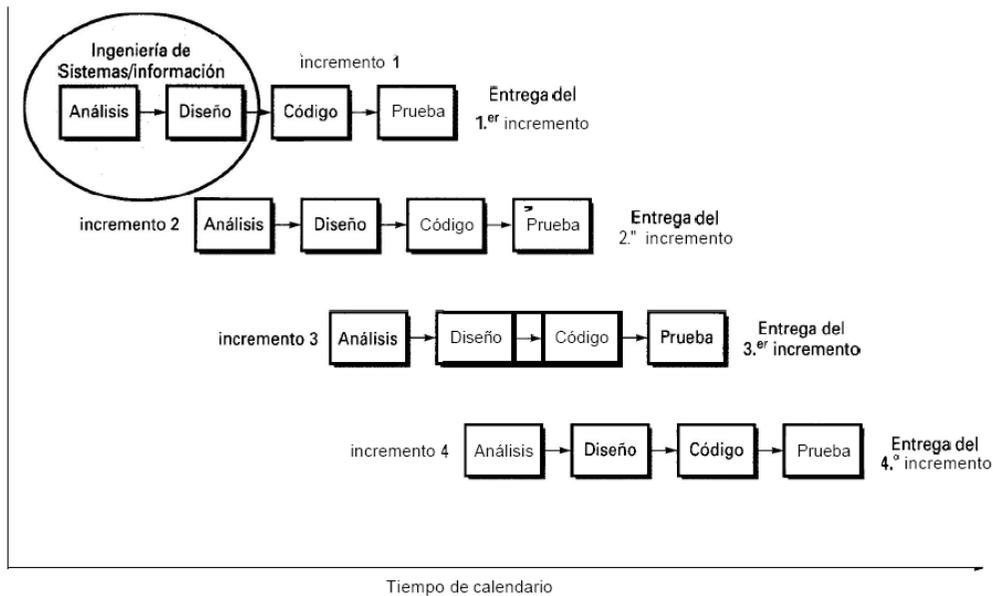


Figura 2.1.2.1. El modelo Incremental según Pressman.

2.2 Bases de Datos

Una base de datos es un conjunto estructurado de datos que representa entidades y sus interrelaciones (Camps, 2005). También se entiende como un archivo de datos interrelacionados, recolectados, que satisfacen las necesidades de información de una comunidad determinada de usuarios. Cada unidad de información almacenada en una base de datos está compuesta por datos elementales, cada uno de los cuales representa características particulares de la entidad que se describe. (Gil, 1994).

Las bases de datos son el método preferido para el almacenamiento estructurado de datos porque presentan las siguientes ventajas, entre otras:

- Independencia de datos y tratamiento.
- Coherencia de resultados.
- Reduce redundancia
- Evita inconsistencias.
- Mejora la disponibilidad de datos
- Guarda [descripción](#) (Idea de catálogos).
- Cumplimiento de ciertas [normas](#).
- Restricciones de [seguridad](#).
- Accesos (Usuarios a datos).
- Operaciones sobre datos

2.2.1 Mysql

MySQL posiblemente sea el más utilizado debido a su rapidez y facilidad de uso. Además existen muchas librerías y herramientas que permiten su uso a través de una gran cantidad de lenguajes de programación. Es una aplicación que se encarga de manejar los datos almacenados en la base



de datos de una forma fácil y cómoda. Permite el uso del lenguaje de programación SQL y el motor de guardado utilizado ha sido el MyISAM.

2.3 El lenguaje de programación web PHP

PHP es un lenguaje interpretado de propósito general ampliamente usado y que está diseñado al usar especialmente para desarrollo web y puede ser incrustado dentro de código XHTML. Generalmente se ejecuta en un servidor web, tomando el código en PHP como su entrada y creando páginas web como salida. Puede ser desplegado en la mayoría de los servidores web y en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno.

Este lenguaje tiene unas características añadidas que se describen a continuación:

Ventajas:

- Código PHP en etiquetas XHTML.
- Sencillo de aprender, parecido a C
- Todo lo que se pueda transmitir por vía HTTP se puede programar.
- Las variables en el espacio de la dirección las interpreta el PHP de forma automática.
- Es de programación libre, no se ha de pagar para su utilización.
- Se puede migrar las aplicaciones de una plataforma a otra sin modificar el código.
- Muy buen soporte de acceso a Bases de Datos.
- Seguridad al comprobar parámetros de entrada válidos, los hace el servidor y no el cliente.

Inconvenientes: (se han intentado minimizarlos)

- Al mezclar sentencias XHTML y PHP el código resulta complicado de entender.
- Todo el trabajo lo realiza el servidor.

2.3.1 Phpmyadmin

PhpMyAdmin es un programa de libre distribución creado mediante el lenguaje de programación PHP. Es una herramienta muy completa que permite acceder a todas las funciones típicas de la base de datos MySQL a través de una interfaz web muy intuitiva. Es por tanto un entorno gráfico y sencillo con el que se pueden crear tablas, insertar datos en las tablas existentes, navegar por los registros de las tablas, editarlos y borrarlos, borrar tablas y un largo etcétera, incluso ejecutar sentencias SQL y hacer un backup de la base de datos.

2.4 HTML Y Su Importancia en la World Wide Web.

Las páginas Web producidas usando HTML son archivos de texto, y es gracias a esto que la Web funciona tan bien como lo hace. Ya que el texto es el lenguaje universal de las computadoras. Un ejemplo de esto, es que cualquier archivo de texto credo en cualquier sistema operativo funcionará de la misma manera en otro sistema. La característica principal de HTML es que permite el uso de hiperenlaces que conducen a otros documentos o fuentes de información relacionadas y con inserciones multimedia (gráficos, videos, sonido, entre otros)



2.4.1 Servidor Web

Un servidor web es un programa que se ejecuta continuamente en la computadora, manteniéndose a la espera de peticiones de ejecución que le hará un cliente o un usuario de Internet.

El servidor web se encarga de contestar a estas peticiones de forma adecuada, entregando como resultado una página web o información de todo tipo de acuerdo a los comandos solicitados.

En este caso los servidores Apache son la mejor solución como servidor web, puesto que además de ser de programación libre y de ser la que aplican la mayoría de proveedores de páginas web, se integra perfectamente con el PHP y tiene muchos módulos para extender su funcionalidad.

Apache es un servidor de red para el protocolo HTTP y es multiplataforma.

2.4.2 Uso del Xampp Como Fusión de las Necesidades Tecnológicas

Para poder instalar todos los programas (PHP, MySQL, Apache) se utilizó la aplicación XAMPP para realizar el proyecto, exceptuando el servidor de correo.

XAMPP es un servidor que consiste en la base de datos MySQL, el servidor web Apache, y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. Su nombre proviene del acrónimo X (para cualquier sistema operativo) Apache, MySQL, PHP, Perl. Es un programa libre y actúa como un servidor web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicamente.

3. METODOLOGÍA

El presente proyecto es un producto software, por lo que se utilizará una metodología que garantice la calidad, oportunidad y viabilidad del producto que se está construyendo. Además, dicha metodología debe adecuarse a la forma de trabajar de las personas que están involucradas. Es por ello que el proyecto está basado en el Modelo Incremental, el cual combina elementos del modelo lineal secuencial con la filosofía interactiva del modelo basado en prototipos.

En las siguientes secciones de Análisis, Diseño, Código y Pruebas, se describirán las actividades y resultados obtenidos, al aplicar el modelo basado en incrementos.

El presente proyecto está compuesto de un total de cinco incrementos y a continuación se muestran cada uno de los incrementos así como sus correspondientes actividades que se realizaron en cada una de sus fases (Figura 3.1).



Figura 3.1 Modelo Incremental del Sistema

En el primer incremento, se elaborará el documento de Requisitos de información, el cual contendrá el resultado de la búsqueda bibliográfica de la temática que aborda el proyecto y el estudio del Estado del Arte de temáticas como: Lógica computacional, qué software se ha desarrollado para el aprendizaje de programación y los requerimientos expresados por los alumnos y los profesores a través de encuestas.

El segundo incremento, se basará en la entrega del Modelado, el Diseño de Software y diseño de la Base de Datos.

El tercer incremento, es la entrega del código completo del sistema (Construcción del software).

Al final del último incremento se agregarán dos nuevas actividades o pasos a la metodología incremental propuesta por Pressman.

Una de estas actividades se denomina “Liberación” y es la fase de cierre del proyecto la cual comenzará después de haberse realizado las pruebas correspondientes obteniéndose. La segunda actividad denominada “Mantenimiento preventivo” contempla el posterior mantenimiento del producto software, aquí se hará una revisión periódica de los aspectos que influirán en el desempeño del sistema, en los datos almacenados y en un intercambio de información correcto.

Una vez finalizado el cuarto paso “Pruebas”, se tiene lista una versión (incremento) funcional del producto software y conforme se entregan nuevas versiones, las funciones del producto van en aumento de tal forma que al final se tiene completamente desarrollado el producto.

Al término del ciclo del software para cada incremento, se realiza una reunión con el asesor del proyecto, para que de esta manera, el asesor retroalimente con información valiosa acerca de que está bien y que está mal, para que con dicha información en mano, se vuelva a repetir del ciclo de vida de software.



3. RESULTADOS

El sistema Bases de la Programación cuenta con 7 botones principales (Ver Figura No. 3.1) de los cuales se dará una descripción a continuación:



Figura 3.1. Menú del sistema Bases de la Programación.

1. Temas:



Al presionar este botón el sistema nos enviara a la sección de temas (Ver Figura No.3.2), es un sitio donde se podrá estudiar la teoría sobre alguno de los temas que aborda el sistema. El temario está dividido en 5 unidades o capítulos y cada uno está también dividido en subtemas que podrán estudiarse uno a uno durante el curso.



Figura 3.2. Módulo de temas

2. Ejercicios:



Al presionar este botón el sistema nos enviara a la sección de ejercicios (Ver Figura No. 3.3), es un sitio donde se podrán realizar ejercicios para practicar lo aprendido en alguno de los temas que aborda el sistema. El temario de ejercicios está dividido en unidades o capítulos, de la misma forma que está dividido el temario teórico, lo que permitirá realizar ejercicios sobre cualquier tema estudiado asegurando con esto que todo lo que se pide en los ejercicios fue estudiado previamente.



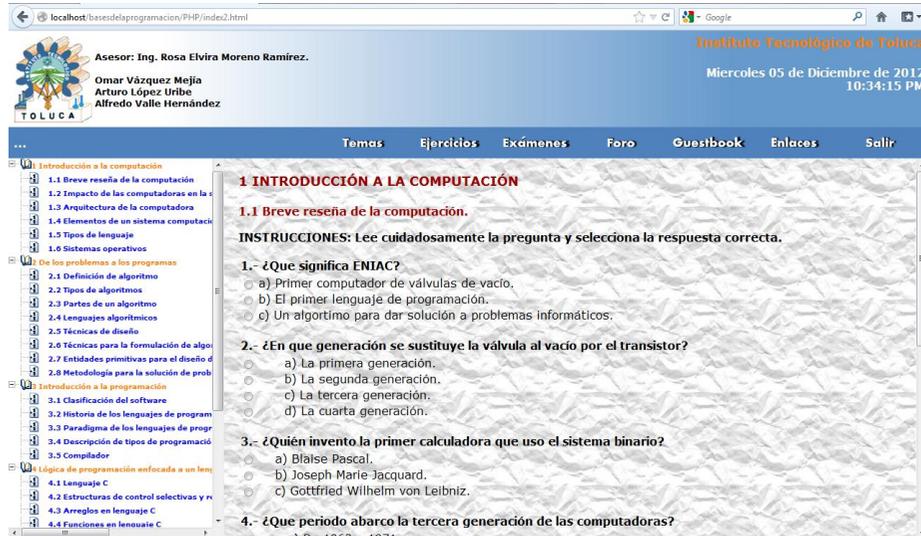
MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Figura 3.3. Módulo de temas de ejercicios, en esta página se puede escoger un tema del que se quiera hacer ejercicios y este se desplegara en el área de trabajo.



3.

Exámenes:

Exámenes

Al presionar este botón el sistema nos enviara a la sección de exámenes (Ver Figura No. 4), es un sitio donde se podrán realizar exámenes sobre en alguno de los temas que aborda el sistema.

Exámenes.

Estos son los exámenes vigentes.



Figura 3.4. Sección de exámenes, cada imagen es un vínculo a un examen diferente.

Los exámenes tienen un tiempo límite y no se puede avanzar al ejercicio siguiente si no está respondido el anterior.



Conversiones.

A continuación se presentaran una serie de ejercicios; los cuales resolverás con un límite de tiempo global (para todos los ejercicios), no olvides leer cuidadosamente las instrucciones que te presentara cada ejercicio.

Ejercicio Número 1 Tiempo: 14:41

Instrucciones: Arrastra los objetos en las celdas de la derecha en un orden correcto.

Problema.- Elabore un diagrama de flujo que multiplique dos números.

Objetos

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Escribir C Fin

C = A * B

Inicio Leer A y D

Siguiente

Instrucciones del examen

Reloj de tiempo limite

Instrucciones del ejercicio

Ejercicio

Botón para avanzar de ejercicio

Figura 3.5. Examen en ejecución.

Al finalizar algún examen el sistema lo evaluará automáticamente, en caso de que el tiempo se agote las preguntas que no se alcanzaron a responder serán consideradas incorrectas. (Ver Figura No.6)

Resultados del Exámen:

Ejercicio No. 1: Correcto
Ejercicio No. 2: Correcto
Ejercicio No. 3: Correcto
Ejercicio No. 4: Correcto
Ejercicio No. 5: Correcto

CALIFICACIÓN: 100 %

Figura 3.6. Resultados de examen.



MEMORIAS CONIEEM

ABRIL 2013

ISSN: 1665-0271



Foro:

Foro

Al presionar el botón de foro, el usuario puede acceder a discusiones u opiniones en línea, permitiéndole así poder expresar su idea o comentario respecto al tema tratado.

En la siguiente pantalla se muestra como se visualiza el foro en un navegador web.

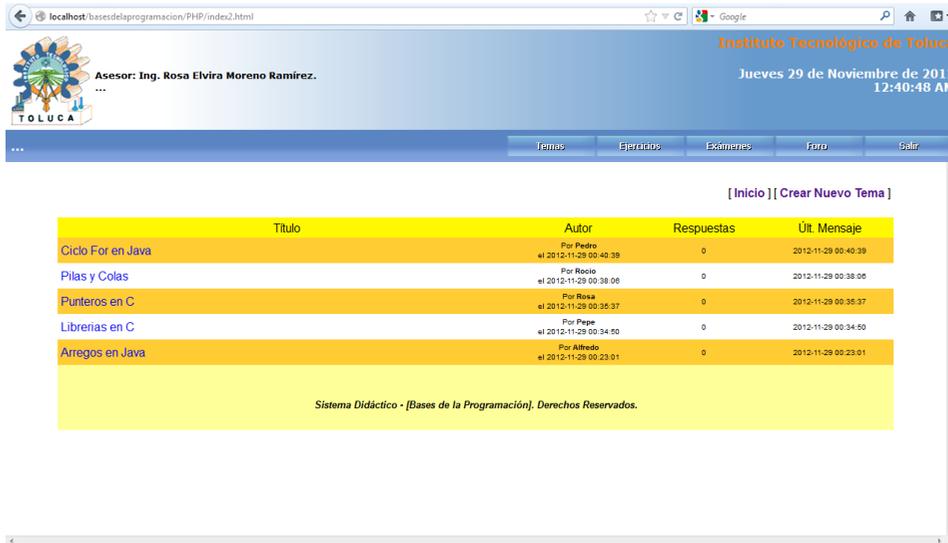


Figura 3.7. Módulo de Foro

GuestBook

Guestbook

El Guestbook o libro de visitas, permite realizar a los visitantes de una página web, una anotación o comentario que se queda registrado en la misma de manera consecutiva.



Figura 3.8. Módulo de Libro de Visitas,



4. Enlaces



La página de enlaces, contiene algunos vínculos a internet con páginas web que pueden ser de gran utilidad en cuanto a información y referencia que sirven de apoyo para el aprendizaje del usuario.

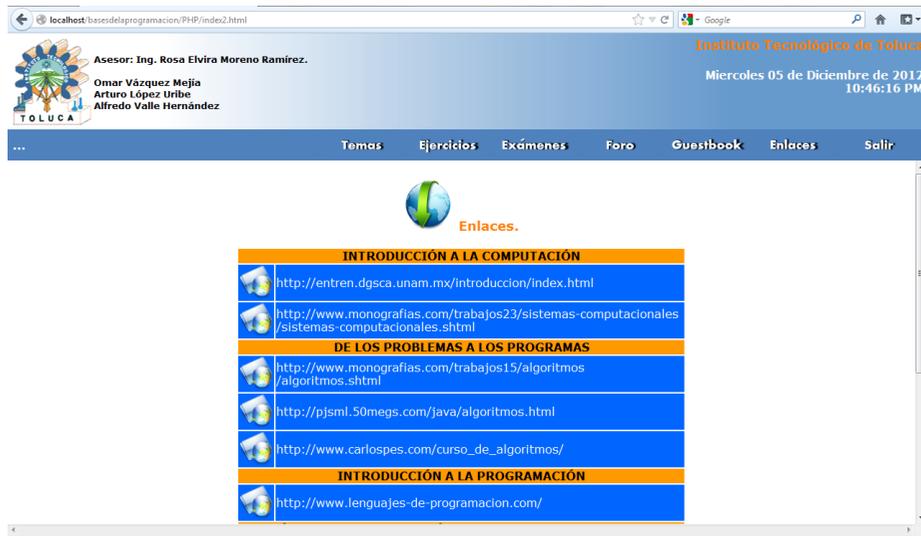


Figura 3.9. Módulo de Enlaces.

Salir. Al presionar este botón el sistema terminara la sesión actual y re direccionará a la página de inicio de sesión guardando de una forma segura la información con la que se trabajó.



4. Referencias

(Camps, 2005)	CAMPS Paré Rafael, et al. Bases de datos. Barcelona, Eureka Media, 2005, 7-14.
(King, 1990)	King, David. "La aplicación del software en la Educación Especial" pp 32-33, Artículo original (conferencia en jornadas de informática y educación especial celebradas en la Universidad de Barcelona en nov. de 1989)
(Marques, 1999)	Dr. Pere Marquès Graells. "El Software Educativo. Comunicación Educativa y Nuevas Tecnologías", Barcelona: Praxis. 1999. http://peremarques.pangea.org/funcion.htm
(Pressman, 2002)	Pressman Roger. "Ingeniería de Software: un enfoque moderno". McGrawHill, 5ª Edición, España, 2002, pp 13-29
(Rangel, 2002)	Ana Lisett Rangel Fermín (1ª edición, 2002), "La teoría tras la producción de software educativo y otras reflexiones", Fondo Editorial de Humanidades, Univ. Central de Venezuela.
(Sommerville, 2005)	Sommerville Ian. "Ingeniería del Software". Pearson, 7ª Edición, Madrid, 2005.
(Schildt, 2001)	Schildt, Turbo C/C++, manual de referencia . , Osborne/McGraw-Hill. Llaccua y Vasquez, Programando con Objetos en Borland Pascal. Ed. San Marcos
(Tittle, 2005)	TITTLE Ed, et al. <i>HTML For Dummies</i> . Wiley Publishing, Inc. 5ª Edición. Estados Unidos de América, 2005, pp 1
(Weitzenfeld, 2005)	Weitzenfeld Alfredo. "Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet",
(Codecademy, 2013)	Codecademy. Blog. Hecho en NYC. 2013. www.codecademy.com
(Codeschool, 2013)	Codeschool. Plataforma de desarrollo en navegador web. www.codeschool.com
(Coursera, 2013)	Coursera. Plataforma de Educación Virtual Gratuita https://www.coursera.org/unam
(Programr, 2013)	Programr. Laboratorio virtual para codificar en Java directamente en un navegador web. http://www.programr.com/
(Code Racer, 2013)	http://www.genbeta.com/herramientas/con-code-racer-aprender-a-programar-es-un-juego-y-muy-adictivo



VIDEOJUEGOS EN EL AULA – CUADRADO MÁGICO

Emmanuel Rojas Olivares, Arturo Rojas López, Nelson Manuel Austria Acosta

División de Tecnologías de la Información y Comunicación

Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México

chuem_prod@live.com.mx

arturo.rojas@utpuebla.edu.mx

hanniel@live.com.mx

Abstract. One of the subjects that like fewer to students is mathematics, whether they are at a higher education level, and those who are in basic levels, such as primary or secondary. That's why, from her early years, is due to combat this problem with educational tools that promote an approach to the topics of matter but with an incentive during the teaching process. In this research project, we have developed a video game in which the infant can implicitly interact with mathematics through a process of education outside the traditional, using as a basis the activity of the magic square, the software development is documented using an adjustment of methodology XP (Extreme Programming), a specific cycle of work for the game and evidence of its application with children.

Resumen. Una de las materias que menos agrada a los alumnos son las matemáticas, tanto los que se encuentran en un nivel de educación superior, como para los que se encuentran en niveles básicos, como la primaria o la secundaria. Es por eso, que desde temprana edad, se debe de combatir este problema con herramientas educativas que propicien un acercamiento a los contenidos temáticos de la materia pero con un incentivo durante el proceso de enseñanza. En el presente proyecto de investigación, se ha desarrollado un videojuego en el que implícitamente el infante pueda interactuar con las matemáticas a través de un proceso de enseñanza fuera de lo tradicional, usando como base la actividad del cuadrado mágico; se documenta el desarrollo del software usando un ajuste de la metodología XP (Extreme Programming), un ciclo de trabajo específico para el videojuego y evidencias de su aplicación con niños.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen tecnologías que permiten tener una amplia gama de posibilidades para desarrollar videojuegos, particularmente, para el proyecto que se presenta se utiliza la plataforma XNA Game Studio 3.0 de Microsoft, con la posibilidad de poder crear videojuegos para PC con el sistema operativo Windows y exportarse a la consola de videojuegos Xbox. El uso de videojuegos educativos y sus ventajas, está bien documentado en el trabajo presentando por la European Schoolnet a través de la publicación titulada "Videojuegos en el Aula: Manual para docentes" [1], y es en este marco donde se proponen crear herramientas didácticas fruto de un vínculo entre



desarrolladores y educadores para obtener, específicamente, un videojuego que cumpla con las expectativas de los alumnos en sintonía con un objetivo de aprendizaje. El cuadrado mágico es una actividad con un objetivo pedagógico definido, la propuesta del proyecto radica en la forma de presentarlo a los niños entre 7 y 8 años. La creación de un videojuego profesional es un proceso complejo, generalmente involucra a mucha gente de diferentes disciplinas durante un largo tiempo y para tener un resultado exitoso debe realizarse con base a una metodología de desarrollo. Los cinco valores (comunicación, simplicidad, respeto, coraje y retroalimentación) en los que se basa XP, son contextualizados en el desarrollo del videojuego, así como algunas de las prácticas empleadas que propone la metodología, es decir, probar primero, programación por pares, un paso sustentable, diseño simple, refactorización, pequeños entregables, continua integración, propiedad de código colectiva, codificación estándar, e involucrar al cliente [2]. Considerando las ventajas reportadas en [2] y las virtudes comentadas en [3], se determinó usar dicha metodología pero haciendo el ajuste comentado en la sección de desarrollo, además, se propone un ciclo de trabajo que permitió el desarrollo del videojuego.

2. DESARROLLO

2.1. Ajuste de la Metodología XP

El cliente está representado de forma muy simbólica por el profesor y alumnos del grupo seleccionado para realizar las pruebas. La aplicación de los cinco valores de XP se describe a continuación:

Comunicación: el asesor del proyecto (Arturo Rojas López) está en constante comunicación con los alumnos (Emmanuel Rojas Olivares, Nelson Manuel Austria Acosta), Emmanuel estableció una relación con el profesor del grupo de primaria para la retroalimentación que el desarrollo del videojuego requirió.

Simplicidad: el videojuego está planeado en un ambiente 2D (gráficos desarrollados por Nelson Manuel), se utilizan los elementos básicos de XNA, tales como, mostrar imágenes con y sin animación, texto, movimiento de elementos gráficos, colisiones entre objetos, sonido, e interacción del teclado con el fin de generar escenarios de calidad pero de realización sencilla.

Retroalimentación: después de obtener un prototipo y hacer una visita al grupo de primaria seleccionado, el factor más importante fue la retroalimentación, pues permitió valorar la calidad del juego.

Respeto: el trabajo realizado por los alumnos, la asesoría ofrecida por el asesor y la retroalimentación con el cliente, se llevan a cabo en un ambiente de respeto y reconocimiento de la aportación individual al proyecto de cada uno de los involucrados.



Coraje: los alumnos han puesto su mejor empeño en realizar el proyecto, organizando su plan de trabajo y tiempo asignado, realizando las visitas al grupo de estudiantes de primaria y aprendiendo en cada una las fases, el reto se enfrentó.

Las prácticas empleadas son las siguientes:

Probar primero: una vez establecida la historia del juego, en una lluvia de ideas asesor-alumnos, ideas preliminares de cómo conseguir la conducta se prueban antes de ser integradas al prototipo.

Programación por pares: la conducta del videojuego se programó, según el plan de trabajo de los alumnos, entre el asesor-alumnos en las horas determinadas.

Un paso sustentable: la integración de conductas en el juego se implementan después de ser evaluadas en un ambiente independiente, cada día se reportó un objetivo alcanzado.

Diseño simple: a pesar de poder hacer muchas mejoras visuales del juego, se opta por la simple pero efectiva en el impacto del usuario-jugador, además, el alumno Emmanuel diseño el audio del videojuego.

Pequeños entregables: al final de una conducta programada del juego por el asesor-alumnos, se presenta al cliente para su evaluación.

Continúa integración: apertura a agregar ideas no comentadas durante el diseño de la historia del juego.

Propiedad de código colectiva: las bibliotecas de clase, regiones de código, métodos y código fuente son de uso común al asesor y alumnos.

Codificación estándar: se llevan a cabo las mejores prácticas de programación para una lectura fácil del código generado.

Involucrar al cliente: establecido el contacto con el cliente, la participación del grupo de alumnos de primaria contribuye al desarrollo de un videojuego atractivo y útil para los jugadores.



2.2 Ciclo de vida para el desarrollo del videojuego

A continuación se comentan las actividades involucradas en cada etapa del ciclo creado.

Concepto: a través de una lluvia de ideas, se desarrolla la historia del videojuego, en este caso se trabaja más la forma de presentar el juego, pues las reglas ya están establecidas; es importante que dicha forma sea para la diversión de los niños pero que integre durante su conducta el uso de conocimientos y habilidades definidos en el cuadrado mágico.

Pre-Producción: se obtienen o se crean las imágenes o sonidos que han de ser usados, se verifica que con los conocimientos actuales sea posible llevar a cabo la historia propuesta [4], en caso contrario se determinan los temas nuevos a estudiar para obtener una conducta deseada en el juego.

Producción: se generan las líneas de código, los estados del juego y se va verificando el desarrollo del mismo, lo anterior permite realizar cambios si la conducta no resulta adecuada o se presentan oportunidades de mejora.

Alfa: versión del juego con la funcionalidad completa descrita en la historia, donde se buscan posibles errores durante el juego.

Presentación: frente al cliente y jugadores se juega con la versión alfa, etapa clave de retroalimentación, se valora el impacto visual, entretenimiento y se toma nota de las observaciones comentadas por los niños.

Beta: versión del juego donde se agregan los cambios sugeridos a partir de la versión alfa y se eliminan los errores observados.

Congelación de código: los errores de la versión beta son solucionados y se obtiene el videojuego que será sometido a aprobación del cliente.



Liberación: se lleva a cabo una segunda presentación con el cliente y se evalúa el producto, es decir, se consideran factores como entretenimiento, diversión y que estén involucrados los conocimientos y habilidades de matemáticas durante el desarrollo de la historia implementada.

Actualizaciones: si existen oportunidades de mejora se llevan a cabo, en caso contrario se adecúan las necesidades de software que necesite el equipo del cliente para que funcione el juego.

3. DESCRIPCIÓN DEL VIDEOJUEGO

El objetivo del juego es el siguiente: el usuario o jugador realizará ejercicios de cálculo mental para que de esta manera pueda tener un buen desarrollo del aprendizaje de los números. Específicamente, podrán practicar las sumas, de tal manera que al terminar el juego, el alumno pueda tener un mejor desarrollo en el cálculo mental con operaciones básicas.

3.1 Como jugarlo

El cuadrado mágico consiste en un tablero con 9 espacios (3 filas y 3 columnas), en las cuales, el jugador debe de colocar los respectivos números, del 1 al 9 (simbolizados con una rana que trae consigo el número) de tal manera que al hacer la suma de tres números, el jugador tenga como producto final de la suma, el número 15, esto tanto para las filas y columnas así como para los elementos en diagonal (2 diagonales).

3.2 Fases del juego

Al ejecutar el videojuego, el usuario podrá ver su presentación e inmediatamente las instrucciones, las cuales se muestran en la figura 1.

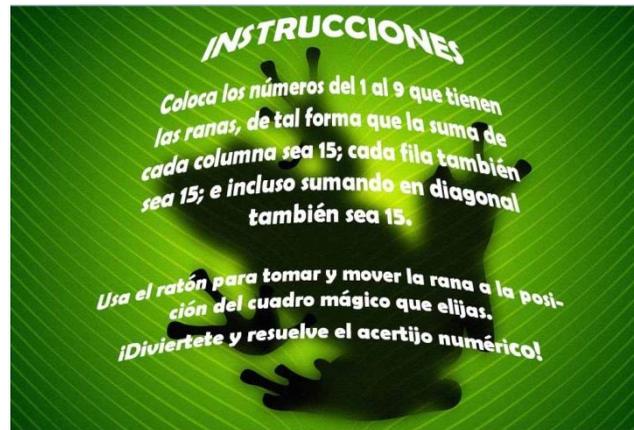


Figura 1. Pantalla de instrucciones del videojuego

Seguidamente, el usuario tendrá dos niveles a seleccionar: el básico y el avanzado, como lo muestra la figura 2. La diferencia entre estos dos niveles, consiste en que al seleccionar el nivel avanzado las ranas tendrán movimiento aleatorio además de que la solución al cuadrado mágico estará cronometrada, y si el usuario no logra resolver el cuadrado mágico en 30 segundos perderá automáticamente.



Figura 2. Selección de Nivel

El escenario del juego se desarrolla en un terreno con césped, el cual tiene ubicadas 9 ranas en una posición aleatoria fuera del tablero (en el nivel básico las ranas no tienen movimiento). Cada una de las ranas representa uno de los números (del 1 al 9) las cuales se colocaran dentro del tablero. El usuario tiene la posibilidad, si así lo desea, de visualizar el resultado de la suma al hacer clic sobre el botón "Mostrar Suma". La descripción anterior esta ilustrada en la figura 3.

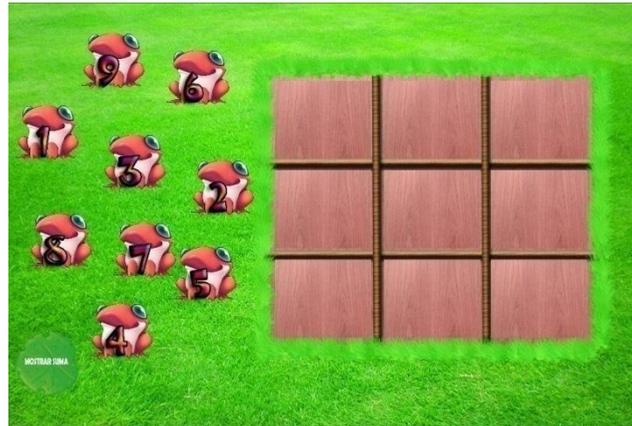


Figura 3. Escenario del videojuego

Una vez colocadas las ranas en la posición correcta dentro del tablero, el juego mandara un mensaje de felicitación al usuario, y así es como habrá resuelto el cuadrado mágico. La imagen de la figura 4, contiene una respuesta al juego, mostrando el mensaje de felicitación y las sumas correctas.



Figura 4. Solución al cuadrado mágico

3.3 Uso del Videojuego con Niños

Inicialmente, se trabajó con una actividad preparatoria. Si el objetivo del juego es realizar ejercicios de cálculo mental, tales como sumas, se considera con esta primera acción, medir el tiempo de respuesta y evaluar el resultado que dan los alumnos de sumas mentales no mayores a 15, de manera grupal e individual. La tabla I muestra los resultados obtenidos tras mencionar la



operación, se indica el tiempo de la respuesta proporcionada y si fue correcto o incorrecto el resultado. A manera de muestra, la tabla II contiene los resultados obtenidos al aplicar la misma actividad a un alumno; los resultados entre los demás niños no varían mucho en la cantidad de respuestas correctas.

La descripción de las condiciones en las que se desarrolló el ambiente del juego frente a grupo son las siguientes:

1. El profesor del grupo con el que se aplicó la prueba del juego, al anunciar a sus alumnos que enseguida jugarían, la reacción de estos fue de interés y de sorpresa, ya que en el tercer grado de primaria, aun no es común el uso de tecnologías, tales como un proyector y computadora portátil, mucho menos el uso de juegos en aula.
2. Al comenzar a instalar los dispositivos que se utilizaron (proyector y computadora) alrededor de 10 alumnos se acercaron a preguntar por el juego, si era alguno de los que están en venta o donde podían conseguirlo, la actividad tenía un factor de atracción para los niños.
3. Una vez comenzado el juego, todos los alumnos del salón se mostraron interesados por participar, se organizaron filas para que uno a uno pasara a realizar un movimiento del juego dentro del tablero. Los primeros nueve alumnos colocaron los nueve números sobre el tablero, aunque los alumnos siguientes pudieron hacer movimientos de cambio para poder calcular el correcto resultado de las sumas.
4. El ejercicio se desarrolló en un ambiente amistoso, en el que jugando, implícitamente los alumnos practicaron el cálculo mental de una manera entusiasta y participativa.

OPERACIÓN	TIEMPO (segundos)	CORRECTO	INCORRECTO
7+2	2	X	
5+9	4		X
2+6	2	X	
3+1	1	X	
4+5	2	X	
8+9	8		X
7+4	5		X

Tabla I. Resultados de la actividad grupal



OPERACIÓN	TIEMPO (segundos)	CORRECTO	INCORRECTO
7+2	2	X	
5+9	4	X	
2+6	3	X	
3+1	1	X	
4+5	3	X	
8+9	10		X
7+4	8	X	

Tabla II. Resultados de la actividad a un alumno

4. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un videojuego en cooperación entre un docente, los alumnos del grupo prueba de primaria y la Universidad Tecnológica de Puebla, esta última representando a la industria, dicho producto de software se crea usando una metodología de desarrollo que se ajusta a las necesidades de producir un videojuego, además de proponer un ciclo de vida para generar el videojuego. Al tener la posibilidad de proporcionarle juegos virtuales, como este, a los estudiantes de primaria de las nuevas generaciones, estos tendrán un panorama más amigable con los números, fortaleciendo la enseñanza tradicional, ahora ayudándose de las nuevas tecnologías, las cuales deben de estar enfocadas al mejor desarrollo y calidad humana. Estos métodos virtuales de enseñanza, también pueden desarrollarse para la práctica de otras operaciones, como lo son la multiplicación y la división, y de esta manera, siempre que un niño desee jugar, no solo podrá pasar un buen rato de diversión, sino también implícitamente estará ejercitando su cerebro para poder realizar operaciones de una manera ágil.

Cuando a los alumnos se les menciona la palabra “jugar” inmediatamente tienen disposición para realizar la actividad, por lo cual se concluye que el uso de este videojuego, tanto en aula como en el hogar, se jugará de una manera entusiasta. El videojuego, no solo puede estimular la práctica del cálculo mental, sino también, la motivación del alumno por tener un objetivo por alcanzar, el cual es ganar en el juego; de tal manera que el alumno pone en práctica su perseverancia y su actitud positiva. El alumno mejorara paulatinamente su gusto y su habilidad para el cálculo mental, aumentando así su capacidad lógica y matemática.



5. REFERENCIAS

1. Dr. Patrick Felicia, *Videojuegos en el aula: Manual para docentes*, (European Schoolnet, Bélgica), 7-9, 2009
2. P. Drake and N. Kerr. *Developing a computer strategy game in an undergraduate course in software development using extreme programming*. J. Comput. Small Coll, 2006.
3. N. Acerenza y A. Coppes. *Producción y Desarrollo de Videojuegos*. [En línea] Disponible: http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/svti/assets/PPTs/Produccion_y_desarrollo_de_proyectos.ppt., (2010)
4. Rob Miles, *Microsoft XNA Game Studio 2.0: Learn Programming Now!*, (Microsoft Press, USA), 61-262, 2008



1.11 TELECOMUNICACIONES

ANÁLISIS DE ATENUACIÓN EN PROPUESTA DE ARQUITECTURA PARA ONDAS MILIMÉTRICAS BASADA EN LTE-ADVANCED

Adriela Sol Morales Ramírez, Raúl Castillo Pérez

Instituto Politécnico Nacional. ESIME Zacatenco, Av. IPN s/n,

Col. Lindavista, México D.F., C.P. 07738

adrielsol@hotmail.com; rcastillo@ipn.mx

RESUMEN

Se evaluó la viabilidad de implementar la interfaz Uu con ondas milimétricas usando femtoceldas. Se consideraron niveles de potencia de transmisión acordes a las recomendaciones internacionales de salud de la FCC en términos de la radiación máxima permitida a estas frecuencias. Se demostró en qué casos dicha potencia es suficiente para sobrellevar las pérdidas por vegetación, lluvias, absorción molecular (oxígeno y agua), niebla y ciertos materiales de oficina como: yeso, vidrio, etc. Se utilizaron, entre otros, modelos proporcionados por la UIT para realizar los cálculos correspondientes a diferentes tipos de pérdida. Todo lo anterior permite realizar un análisis de atenuación considerando un modelo que se propone basado en el de espacio libre, el cual toma en cuenta todos los factores como particiones. Además esta propuesta se realizó en términos del equipo disponible, dado que existen pocos en el mercado para frecuencias del orden de 71 GHz.

ABSTRACT

The feasibility of the implementation of the Uu interface was evaluated for millimeter waves using femtocells. Transmission powers following international health recommendations by the FCC were considered in terms of the maximum allowed exposure to radiated power at these frequencies. It was shown in which cases such power is enough to overcome the losses imposed by the vegetation, rain, molecular absorption (oxygen and water), fog, and certain office materials such as drywall, clear glass, etc. Among others, models provided by the ITU were used to calculate the different kinds of losses. The whole process allowed us to carry out an attenuation analysis considering a model which is proposed based on the free space one, taking into account all of the factors as partitions. Furthermore, this approach was performed in terms of the available devices, since there exist few of them in the market for frequencies reaching 71 GHz.



1. INTRODUCCIÓN

La banda E de ondas milimétricas (MMW) abarca de los 60 a los 90 GHz y COFETEL en México asignó como banda libre para comunicaciones móviles el rango de 71-76 GHz. Este ancho de banda permite mayores velocidades a las actuales (1.5 Gbps en algunas propuestas [10]). Las MMW facilitan enlaces de comunicaciones densamente poblados, aumentar la seguridad de las transmisiones de comunicación y disminuir el tamaño de los componentes como las antenas. Ahora bien, la transmisión de MMW se ve restringida fuertemente por la lluvia, la niebla y la absorción por moléculas de oxígeno. Sin embargo, a pesar de todo esto es posible realizar transmisiones de varias decenas de metros, es decir, en femtoceldas (ver, e.g., [8, 9, 15, 19]).

Las señales de radio de MMW tienen numerosas aplicaciones en interiores y exteriores que incluyen sectores como el residencial, público (como bibliotecas) y comercial (cafeterías, hoteles, etc.), tanto para conexiones de escritorio como para dispositivos portátiles. Además, pueden ser utilizadas al aire libre, tanto para aplicaciones punto a punto como punto a multipunto [16].

Existen organizaciones dedicadas a tales aplicaciones, como la alianza de gigabit inalámbrica (Wireless Gigabit Alliance, WigiG) [19], quien realiza recomendaciones para comunicaciones inalámbricas a 60 GHz. Considerando su aplicación en un sistema de telefonía móvil (para 4G), aquí se analiza la interfaz entre el eNB y el usuario móvil en distintos ambientes, específicamente para 71 GHz. Para ello, en la Sección 2 se consideran las condiciones de propagación para las MMW y los impactos de distintos factores en su atenuación. En la Sección 3 se describen las características y parámetros más relevantes de la antena y de la guía de onda. Dado que la exposición a radiación de muy alta frecuencia es una preocupación para muchos organismos, en la Sección 4 se abordan las consideraciones a este respecto que establecerán límites seguros de operación. En la Sección 5 se plantea el análisis completo de la atenuación en diversos escenarios y se determinan límites y alcances de operación para la tecnología propuesta. Posteriormente en la Sección 6 se engloban los resultados y conclusiones.

2. CONDICIONES DE PROPAGACIÓN

En general toda señal al trasladarse de un lugar a otro sufre una atenuación. Ésta depende de manera general de la distancia entre las antenas de transmisión y de recepción, la frecuencia y de los obstáculos que se encuentren en el camino. Para las MMW las afectaciones provienen principalmente de la vegetación, lluvia, absorción molecular (oxígeno y agua), niebla y (respecto a los espacios interiores) ciertos materiales que atenúan la señal de una manera considerable.



A continuación se realiza una revisión general de cada uno de los principales factores que contribuyen en la atenuación, así como la manera de cuantificar ésta.

2.1 Pérdida por espacio libre

La ecuación que define esta pérdida en trayectoria por el espacio libre es [13]:

$$L_{FSL} = 92.4 + 20 \log f + 20 \log D \quad [dB] \quad (1)$$

donde D es el rango de la línea de vista entre antenas en km y f la frecuencia en GHz. Éste es el caso más sencillo ya que no se considera la existencia de obstáculos que atenúan la señal. A continuación se revisarán los casos en que la señal es afectada por algún elemento entre el transmisor y el receptor.

2.2 Pérdidas por vegetación

La vegetación es uno de los factores que generan mayores pérdidas, comparada con otros que afectan a las ondas milimétricas. Estas pérdidas dependen principalmente de los siguientes factores (ver, e.g., [6] y [11]): la frecuencia, el tipo de follaje, la densidad de vegetación (densidad de hojas), el movimiento que se genera debido al viento, la distancia que la señal atraviesa la vegetación, el ancho del haz y la despolarización de la señal. El follaje afecta debido a que las hojas varían en tamaños y formas dependiendo del tipo de vegetación (ver, por ejemplo [6] y [11]). La densidad de vegetación considera si la vegetación son sólo troncos y ramas o si hay hojas y qué tan pobladas se encuentran (esto depende de la temporada, verano o invierno). La atenuación depende del tamaño de las hojas. Si éstas son más grandes que la longitud de onda de la señal es más probable una mayor atenuación en la misma. También afecta qué tantas hojas se encuentren en conjunto en un mismo espacio. Además es importante considerar la altura, el grosor del tronco y de la sección en donde hay ramas con hojas. Debe tomarse en cuenta que la vegetación no es uniforme y esto hace más complejo realizar el cálculo teórico de la atenuación por vegetación. Respecto a la distancia que la señal atraviesa la vegetación, en términos de un solo árbol, entre mayor sea ésta mayor será la atenuación que se genera [14], sin embargo, respecto al número de árboles usualmente se tienen menos pérdidas si la señal tiene que viajar por tres árboles que si sólo atraviesa uno [11].

La UIT en su recomendación UIT-R P.833-4 describe un modelo empírico de la atenuación debida a la vegetación para frecuencias por encima de 5 GHz. Éste está en función de los factores antes mencionados y está expresado de la siguiente manera:



$$A_{scat} = R_{\infty}d + k \left(1 - \exp \left\{ \frac{-(R_0 - R_{\infty})}{k} d \right\} \right) \quad (2)$$

donde: A_{scat} es la atenuación según la profundidad de la vegetación,

$$R_0 = af,$$

$$R_{\infty} = \frac{b}{f^c},$$

f es la frecuencia en GHz, d longitud del trayecto a través de la copa del árbol en metros,

$$k = k_0 - 10 \log_{10} \left(A_0 \left(1 - \exp \left\{ \frac{-A_{min}}{A_0} \right\} \right) \left(1 - \exp \{-R_f f\} \right) \right) \quad (3)$$

y los parámetros a , b , c , k_0 , R_f y A_0 figuran en la Tabla I.

Tabla I

Parámetro	Con follaje	Sin follaje
a	0.2	0.16
b	1.27	2.59
c	0.63	0.85
k_0	6.57	12.6
R_f	0.0002	2.1
A_0	10	10

Tabla I. Parámetros para k [14]



A_{min} se define como el producto de la mínima anchura de vegetación iluminada $\min(w_1, w_2, w_v)$ y la mínima altura $\min(h_1, h_2, h_v)$ que corresponde a la más pequeña de las dos zonas iluminadas de la antena en las partes anterior y posterior de la vegetación. Estas alturas y anchuras se determinan por las anchuras del haz a 3 dB en elevación y acimut de las antenas de transmisión y la anchura física w_v , y la altura de la vegetación h_v , como se observa en la Figura 1 donde se supone que la vegetación tiene forma rectangular. Si la antena de transmisión tiene una anchura de haz en elevación φ_T y en azimut θ_T y en la antena receptora estos valores son φ_R y θ_R , respectivamente, el área mínima de iluminación se determina como sigue:

$$A_{min} = \min(h_1, h_2, h_v) \times \min(w_1, w_2, w_v) \quad (4)$$

$$A_{min} = \min\left(2r_1 \tan\left(\frac{\varphi_T}{2}\right), 2r_2 \tan\left(\frac{\varphi_R}{2}\right), h_v\right) \times \min\left(2r_1 \tan\left(\frac{\theta_T}{2}\right), 2r_2 \tan\left(\frac{\theta_R}{2}\right), w_v\right) \quad (5)$$

En la Figura 1 se pueden apreciar todos los parametros que se involucran, tomando en cuenta que la caja es el equivalente a la copa del árbol [14].

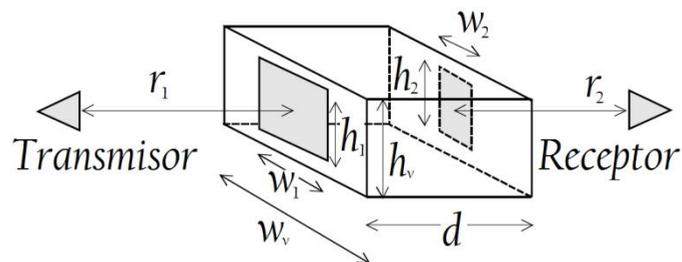


Figura 1. Geometría para calcular el área mínima de vegetación iluminada, A_{min}

Existen investigaciones tanto teóricas como prácticas que proporcionan valores de atenuaciones por vegetación a diferentes frecuencias (ver, e.g., [7] y [11]). Ésta última reporta la pérdida por vegetación en términos del número de árboles a dos alturas diferentes (1 m y 4 m).

Cuando los árboles se mueven por el viento, el nivel de la señal varía dinámicamente dentro de una gama amplia de valores, lo que afecta al servicio. Mediciones que expone la UIT en la recomendación P-1410 muestran que se produce una reducción media del nivel de la señal de unos 20 dB por árbol, pero por la variabilidad de la señal, son frecuentes desvanecimientos de hasta 50 dB de atenuación que duran en torno a 10 ms [15]. Cabe mencionar que según las estadísticas de viento en México [20], el valor promedio es de 216 m/s para el presente año.



2.3 Pérdidas por lluvia

Muchos enlaces de MMW no funcionan correctamente debido a que la intensidad de la lluvia (tasa de lluvia en mm/h) no es cuidadosamente evaluada, y muchas ciudades tienen microclimas donde los índices de temperatura y lluvia difieren significativamente de un lugar a otro. Este cálculo se vuelve crítico cuando se diseñan enlaces en las bandas de las MMW debido a lo sensibles que éstas son a los efectos ambientales.

La recomendación UIT-R P.838-2 permite calcular la atenuación producida por la lluvia a partir de valores de intensidad de lluvia conocidos en el rango de frecuencias de 1 a 400 GHz a partir de la siguiente ecuación:

$$\gamma_R = kR^\alpha \tag{6}$$

donde γ_R es la atenuación específica en dB/km, R es la intensidad de lluvia y k y α para polarización horizontal o vertical pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\log k = \sum_{j=1}^3 \left(a_j \exp \left[- \left(\frac{\log f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] \right) + m_k \log f + c_k \tag{7}$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^4 \left(a_i \exp \left[- \left(\frac{\log f - b_i}{c_i} \right)^2 \right] \right) + m_\alpha \log f + c_\alpha \tag{8}$$

las cuales dependen de la frecuencia y los valores de a , b , c , m_k , c_k , m_α , c_α se obtienen de tablas que se pueden consultar en UIT-R P.838-2. Algunos de los valores de k y α utilizados se muestran en la Tabla II.

Tabla II

Frecuencia	K_H	K_V	α_H	α_V
70 GHz	0.8440	0.7735	0.7943	0.7948

Tabla II. Valores de k y α para polarización horizontal y vertical.

Para obtener la intensidad de lluvia se pueden consultar los mapas de zona de la UIT. Para México se pueden observar tres intensidades de lluvia: (E) 22 mm/h, (M) 63 mm/h y (N) 95 mm/h



[17]. En la Figura 2 se proporciona una gráfica de curvas de atenuación contra la intensidad de lluvia, específicamente para frecuencias de 71 GHz dependiendo del tipo de polarización [2].

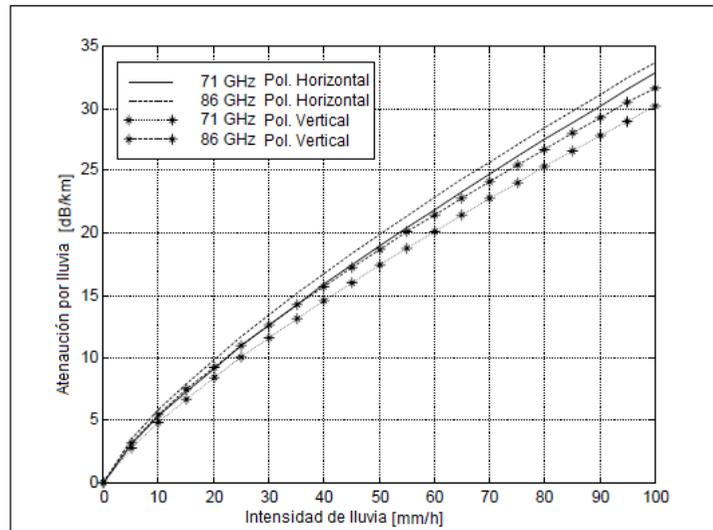


Figura 2. Curvas de atenuación por lluvia que depende de su intensidad [2].

2.4 Pérdidas por absorción molecular

La absorción molecular experimentada durante la propagación de las ondas radioeléctricas a través de la atmósfera, en longitudes de onda del orden de milímetros, se debe principalmente al vapor de agua y al oxígeno presente en la atmósfera. Gases residuales como el óxido nitroso (N_2O), dióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y amoníaco (NH_3), presentan líneas de absorción, pero debido a su baja densidad en la atmósfera sus efectos son despreciables en la propagación [21].

2.4.1 Pérdidas por vapor de agua y oxígeno

No todos los vapores son iguales. Las propiedades del vapor de agua varían dependiendo de la presión y la temperatura a la cual está sujeto. En base a esto existen varios tipos: vapor saturado, vapor húmedo y vapor sobrecalentado.

El cálculo de la atenuación por vapor de agua se puede basar en la recomendación UIT-R P.676-6, la cual contempla el rango de frecuencia máxima hasta 1000 GHz y propone una presión de 1013 hPa y una temperatura de 15° C para los casos de densidad de vapor de agua de 7,5 g/m³ y de atmósfera seca (Curvas A y B de la Figura 3). También se puede apreciar en dicha figura la atenuación gaseosa, tanto para la absorción de oxígeno como por vapor de agua, en función de la



distancia, más allá de la pérdida en el espacio libre. La absorción se produce en un grado mucho más alto en 60 GHz que en las frecuencias más bajas usadas típicamente para las comunicaciones inalámbricas. Por supuesto para trabajar con MMW aún con la desventaja de esta atenuación se puede elegir la de 71 GHz que tiene una absorción mucho menor comparada con la de 60 GHz y además está disponible para utilizarse [16].

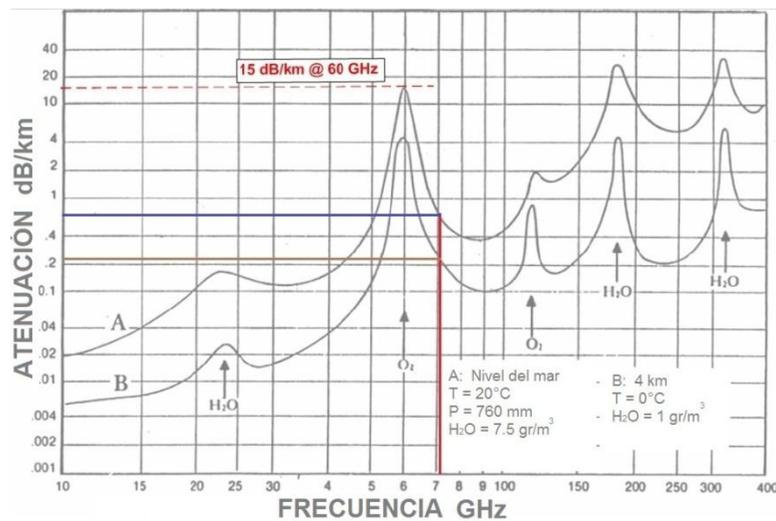


Figura 3. Absorción gaseosa en las MMW

2.5 Pérdida por obstáculos

Una forma más refinada de (1) utiliza particiones de atenuación dependientes, y así se genera un modelo que supone propagación en espacio libre con pérdidas adicionales en función atravesadas por un haz individual yendo del transmisor al receptor. Este modelo se presenta como [1]:

$$P_R(d) = P_T + G_T + G_R - 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) - \sum_{i=1}^N a_i X_i \quad (9)$$

donde $P_R(d)$ es la potencia recibida en dBm, d es la distancia particular del transmisor (T_x) al receptor (R_x) en metros, P_T es la potencia de transmisión en dBm, G_T es la ganancia de la antena transmisora, G_R es la ganancia de la antena receptora, X_i son los valores de la atenuación en dB para las i -ésimas particiones insertadas que cruza una línea del transmisor al receptor, a_i es el número de veces que el haz intercepta cada partición (es decir, a_1 cruces por X_1 , a_2 cruces por X_2),



N es el número de particiones en el enlace y λ es la longitud de onda en cm.

Las particiones se refieren a los tipos de materiales, que pueden incluir en un ambiente de oficina: tablarroca, pizarrones blancos de oficina, vidrio transparente, vidrio con malla metálica, objetos en la primera zona de Fresnel, etcétera. Algunas atenuaciones para estos materiales para una frecuencia de 60 GHz se obtuvieron en [1] y se muestran en la Tabla III.

Tabla III

	Tablarroca	Pizarrón blanco de oficina	Vidrio transparente	Vidrio con malla metálica	Objeto en oficina
Espesor del material (cm)	2.5	1.9	0.3	0.3	--
Atenuación promedio medida (dB)	6.0	9.6	3.6	10.2	1.2
Desviación estándar medida (dB)	3.4	1.3	2.2	2.1	1.8
Atenuación promedio estandarizada (dB/cm)	2.4	5.0	11.3	31.9	--

Tabla III. Pérdidas para distintos tipos de materiales a una frecuencia de 60 GHz.

Cabe notar que si una cantidad significativa de la potencia recibida viene de trayectorias múltiples, entonces el modelo basado en partición basada pierde su significado físico.

2.6 Pérdida por otros factores

Existen otros factores que se encuentran en la trayectoria entre el transmisor y el receptor que también causan atenuación, como las nubes que se hacen de cristales de hielo y de nieve, polvo y arena. Sin embargo, por lo general no son tomados en cuenta debido a que la atenuación que generan es poco apreciable (de aproximadamente 0.4 dB/km a una frecuencia de 70/80 GHz) aún en situaciones extremas. Para las nubes, por ejemplo, la atenuación es del mismo orden (0.4 dB/km) aunque la tasa de caída sea superior a 125 mm/h. Esto es debido a que la pérdida en hielo es mucho menor en comparación con la que se genera por agua [2].

3. DISPONIBILIDAD DE EQUIPO

Los elementos más importantes en los sistemas que operan en el rango de ondas milimétricas incluyen entre otros los medios de transporte guiado de la onda, los equipos de transmisión, antenas, osciladores, etcétera.

Dado que aquí se hace seguimiento de la propuesta presentada en [9], donde se plantea el uso de Radio sobre Fibra (Radio-over-Fiber, RoF), se considera inicialmente el módulo transmisor de



fotodiodo de banda E para aplicaciones de RoF descrito en [4]. Éste ofrece un acoplamiento eficiente de la potencia eléctrica de la señal entregada por el fotodiodo directamente a una guía de onda rectangular. Tales guías tienen como características bajas pérdidas y alta capacidad de manejo de potencia y con frecuencia son usadas como alimentadores de antenas y para construir resonadores y filtros. En el módulo considerado en [4] se reportan pérdidas de inserción (Insertion Loss, IL) de 3 dB, de las cuales 1.8 dB corresponden a la guía de onda. La pérdida de inserción puede reducirse considerando otras alternativas a las guías de onda. Para estas frecuencias usualmente los alimentadores de microcinta sufren serias pérdidas de transmisión. Una de las soluciones que se ha encontrado a este problema es la interconexión directa de los circuitos con las antenas [12] o usar guías de onda integradas en un substrato (Substrate integrated waveguide, SIW) (ver [5] y las referencias ahí citadas), las cuales pueden generarse mediante un proceso de impresión de tarjetas de circuitos multicapas (Printed Circuit Board, PCB). En [5] además se plantea la fabricación mediante este proceso de una antena de corneta con un ancho de banda de 35 GHz (70-105 GHz), una ganancia relativamente constante de 10 ± 1 dBi, una eficiencia superior al 80% y anchos de 3 dB de alrededor de 30° (aunque existe la posibilidad de manipular la apertura de la antena).

En [8] se presenta una antena lineal de ranura cónica (Linear Tapered Slot Antenna, LTSA), que ofrece ganancias de entre 4.9 y 6.9 dBi en el ancho de banda entre 45 y 75 GHz y el patrón de radiación para ésta a 70 GHz se presenta en la Figura 3, donde pueden apreciarse sus anchos de banda de 3 dB de alrededor de 46° para el plano azimutal y de 57° para el plano de elevación.

Algunos distribuidores comerciales ofrecen antenas con las características que se describen a continuación [18].

4. POSIBLES EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD DEBIDO A LAS MMW

Se han realizado estudios debido a problemas de salud biológicos que podrían estar asociados con la operación de sistemas de telecomunicaciones en lo que respecta a las radiaciones de ondas

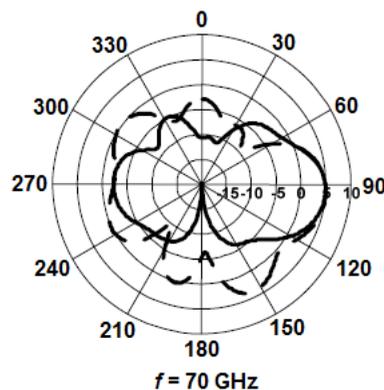


Figura 3. Patrón de radiación de una LTSA (línea continua: plano



azimutal, línea discontinua: plano de elevación) [8].

Tabla IV

Antena	Ancho de haz típico	Ganancia típica	Banda	Dimensiones
Cónica	16°	21 dBi	66-82 GHz	19.558×36.525 (mm)
Piramidal	25°	24 dBi	66-82 GHz	30.023 × 22.809 × 59.639 (mm)

Tabla IV Antenas de corneta cónicas y piramidales de ganancia estándar [18].

electromagnéticas. Existen organizaciones que llevan a cabo estos estudios, tales como la Comisión Internacional sobre la Protección de la Radiación no Ionizante (International Commission No Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) o como la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC). La ICNIRP tiene las funciones de investigar los peligros que pueden asociarse a las diferentes formas de la radiación, realizar recomendaciones sobre límites de exposición y tratar todos los aspectos con respecto a la radiación no ionizante. La IARC, que pertenece a la Organización Mundial de la Salud –autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de la ONU–, es responsable de proporcionar liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de investigación en salud, establecer normas y estándares, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales.

Como ejemplos de los valores que se establecen para estar en los rangos en que no exista afectación, la Comisión de la Comunicación Europea estableció en su principio de precaución las radiaciones límites máximas legales de 100 T (Teslas) para las radiaciones de baja frecuencia y de 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ para las de alta frecuencia, según el manifiesto contra la contaminación electromagnética del 24 de junio del 2011. Así mismo, se pueden observar los límites para otros países en la Tabla V. Por otra parte, la FCC permite una potencia máxima de 500 mW para componentes con un alto aislamiento [3].

Tabla V

País	Radiación permitida ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
España	4,500,000
China	1,000,000
Rusia	100,000
Suiza	47,000
Liechtenstein (entra en vigor en 2013)	1000

Tabla V. Ejemplo de límites legales de radiación



5. ANÁLISIS DE ATENUACIÓN

Para realizar el análisis se determinó la atenuación máxima que soporta el enlace inalámbrico, la cual se calculó mediante un presupuesto de potencia. Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: $f = 71$ GHz, $P_T = 500$ mW, $G_T = 8.5$ dBi (antena de corneta), $\varphi_T = \theta_T = 25^\circ$, pérdida de guía de onda $L_{WG} = 3$ dB, $D = 0.01$ y 0.015 km. Con base en estos parámetros se determinó que la máxima pérdida total que tolera el sistema para 10 m es de 21.58 dB y para 15 m de 18.06 dB.

En base a la atenuación que se puede tener se procede a realizar el análisis para los diferentes factores que influyen en el enlace con ondas milimétricas y al final algunos ejemplos en que puede realizarse el radio enlace.

5.1 Análisis para vegetación

En las Tablas VI se muestra el análisis obtenido, en base a la ecuación 2, de la atenuación (A_{scat}) que depende del ancho de la copa del árbol (d) y la cercanía al transmisor o receptor (r_1, r_2), para una femtocelda de 10 ó 15 metros de diámetro, por citar dos ejemplos.

Tabla VI

RADIO DE 10 m (Margen de potencia 21.58 dB)					RADIO DE 15 m (Margen de potencia 18.06 dB)			
d	r_1	r_2	A_{scat} máx	A_{scat} mín	d	r_1	A_{scat} máx	A_{scat} mín
9	-	-	-	25.8253743	13	-	-	20.59
8	0.9	1.1	20.9093728	20.0586524	12	1.4	17.64947	17.0639878
7	2.2	0.8	21.553851	16.5972108	10	1.31	18.05697	12.6600184
6	3.2	0.8	21.1009407	14.125759				
5	4.3	0.7	21.2169603	12.208189				
4	5.5	0.5	21.5408697	10.6346585				
3	6.8	0.2	21.5586634	9.25976806				
2	7.9	0.1	17.3562214	7.88301574				
1	8.9	0.1	9.89520726	5.87614585				

Tabla VI. Atenuación que depende del ancho de la copa del árbol (d)

y la cercanía al transmisor o receptor (r_1, r_2) para 10 metros y 15 m



En las tablas anteriores podemos observar que cuando la vegetación cubre más del 86.6 % de la trayectoria que recorre la señal entre transmisor y receptor para 15 m y más del 90 % para 10 m, la comunicación no se logra (dado que rebasa el margen de atenuación permitido). Por otro lado si la vegetación reviste a lo más el 6.6 % de la trayectoria para 15 m y 20 % para 10 m la comunicación se logra incluso aunque el transmisor o el receptor estén seguidos de la vegetación.

Para el resto de los casos se necesita tener una distancia mínima entre la vegetación y el transmisor o receptor (sin olvidar factores como el ancho de la vegetación, potencia, frecuencia) para que la comunicación se realice. Al hacer el análisis se pudo observar que sin importar cuál de los elementos que establece la comunicación está cerca de la vegetación, entre más próximo se encuentre, la atenuación llega a ser lo suficientemente grande para impedir la comunicación.

Por supuesto, esta evaluación se ve limitada, entre otras cosas, por las características de las antenas existentes. Específicamente con el ancho de haz de azimut y de elevación de las antenas en comunicaciones móviles dado que entre más chico sea el ancho de haz más número de antenas se necesitarán. Se elige usar 25° por las ventajas que ofrecen todas sus características en conjunto.

5.2 Análisis para lluvia, vapor de agua y oxígeno

Con la intensidad de lluvia (R) que reporta la UIT en el mapa de zonas de lluvia en base a su modelo estadístico y utilizando (6) se realizaron los cálculos para obtener las atenuaciones de lluvia (γ_R), las cuales se pueden observar en la Tabla VII.

Tabla VII

R (mm/h)	γ_R	γ_R	γ_R	γ_R	γ_R	γ_R
	Pol. H (dB/m)	Pol. V (dB/m)	Pol. H (10 m)	Pol. V (10 m)	Pol. H (15 m)	Pol. V (15 m)
22	0.0098317	0.0090243	0.0983 dB	0.0902 dB	0.1474 dB	0.1353 dB
63	0.0226755	0.0208245	0.2267 dB	0.2082 dB	0.3401 dB	0.3123 dB
95	0.0314230	0.0288639	0.3142 dB	0.2886 dB	0.4713 dB	0.4329 dB

Tabla VII. Atenuación por lluvia para 70 GHz en polarización Horizontal y Vertical

Puede observarse entonces que según los cálculos con las características antes mencionadas el enlace puede resistir las tasas de lluvias existentes en México sin ningún problema independientemente de que la señal esté polarizada horizontal o verticalmente.

De la Figura 3 se obtiene una atenuación a una frecuencia de 71 GHz para vapor de agua de 0.8 dB/km y para oxígeno de 0.24 dB/km.



5.3 Análisis para obstáculos

El análisis para obstáculos está pensado para interiores (limitado por la disponibilidad de información a ambientes de oficina por el momento) ya que contempla los materiales mencionados en la Tabla IV. En base a las atenuaciones mostradas, se calcularon los valores máximos que puede soportar el enlace, los cuales se pueden apreciar en la Tabla VIII. A excepción del vidrio con malla metálica las ondas milimétricas atraviesan sin problema en tabla roca, pizarrón blanco de oficina, vidrio transparente y objetos de oficina (ver [1]), tanto para 10 m como para 15 m.

Tabla VIII

Material	Valor máximo que soporta	
	Para radio de femtocelda 10 m	Para radio de femtocelda 15 m
Tablaroca	8.9 cm	7.5 cm
Pizarrón blanco	4.3 cm	3.6 cm
Objetos de oficina	17 objetos	15 objetos

Tabla VIII. Distancia máximas que puede soportar el enlace para interiores

Por lo que se puede observar en la tabla anterior debe evitarse al ubicar los equipos que los haces sigan trayectorias oblicuas a través de dichos materiales que excedan los anchos mencionados dependiendo del tipo de material o número de objetos.

5.5 Ejemplos

Se pueden considerar ejemplos de diferentes zonas con los valores que se han obtenido en las subsecciones anteriores. En la Figura 4 se muestra la zona que se tomó para ejemplificar tres tipos de ambientes: exterior, interior y mixto (1, 2 y 3 en la Figura 4, respectivamente). Además se propone una altura de 3 m del transmisor para evitar vandalismo.

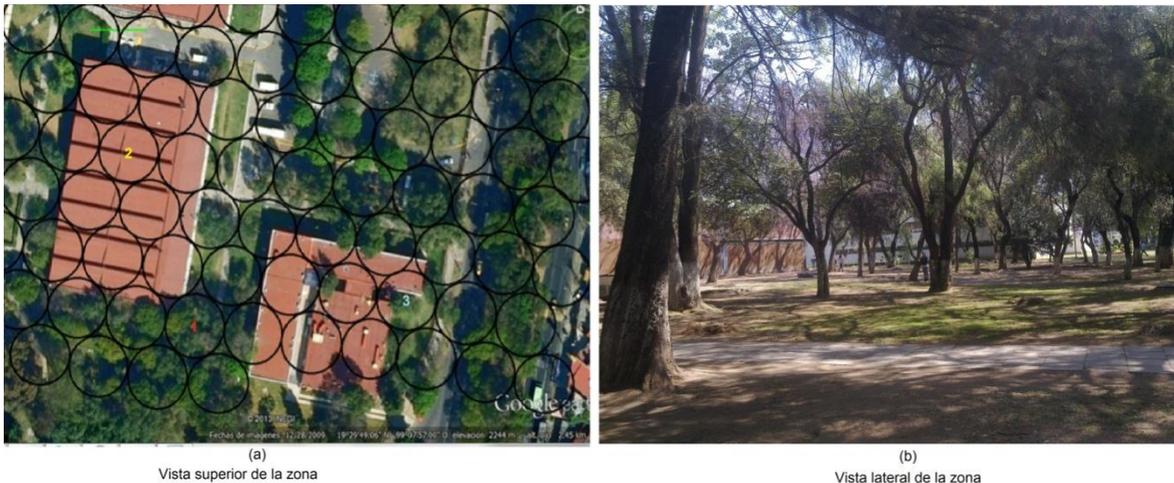


Figura 4. Zona donde se toman los ejemplos

A la altura de 3 m para cobertura en exterior (celda 1 en la Figura 4) sólo uno de los árboles tiene ramas y hojas y el ancho de vegetación que afecta la femtocelda es de aproximadamente 4 m, los otros dos son sólo troncos. Además cabe mencionar que debido a las posiciones que tienen el haz sólo cruzaría por uno de ellos. Por lo tanto para esta femtocelda tendremos una pérdida máxima de 12.2 dB y el equipo móvil podría estar hasta a 70 cm del árbol.

Para el caso en interiores, en la celda 2 se toma la pared de tablarroca (1cm) y un pizarrón que está colocado sobre ella (de 1cm), ya que se encuentra un salón de clases en esa parte. Entonces se tiene una atenuación de 6.4 dB.

Para el caso mixto (número 3 en la Figura 4) hay una oficina con diversos objetos. El haz atraviesa un revistero, un árbol con un ancho de 2 m y por supuesto una pared de tablarroca. Esto genera una atenuación de 20.95 dB, la cual está en el límite del margen de atenuación.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se evaluó la propuesta de emplear ondas milimétricas para la interfaz Uu usando femtoceldas y una potencia máxima de 500 mW (permitida por la FCC). Se estableció que se puede tener una comunicación sin obstáculos de hasta 120 m. Se evaluaron los principales parámetros que generan pérdida y se obtuvo que la mayor atenuación para las MMW es producida por la vegetación. Se determinaron pérdidas de 20.9 y 17.6 dB para 8 y 12 m de vegetación para femtoceldas de 10 y 15 m respectivamente, con un acercamiento máximo permitido de 1.1 m para la primera femtocelda y 1.4 m para la segunda. Además, con respecto al número de árboles, en este caso en particular existe una menor atenuación para tres árboles en lugar de uno, aunque esto no implica que para un cuarto la atenuación disminuya. En términos de lluvia se obtuvieron 0.47 dB/km, valor que se puede considerar despreciable al igual que las atenuaciones por niebla, oxígeno, nubes, polvo y arena. Se mostraron algunos casos límites en los que dicha potencia es



suficiente para sobrellevar pérdidas en diferentes ambientes (interiores, exteriores y mixtos) transportando una señal de 1.5 Gbps.

Se planteó el uso de equipo cuyas características aún pueden ser mejoradas, como una antena con una ganancia de sólo 8.5 dBi, aun cuando existen algunas con hasta 24 dBi.

AGRADECIMIENTOS

Investigación apoyada por los programas SIBE y EDI del IPN, y el proyecto SIP 20131803.

REFERENCIAS

- [1] C. R. Anderson y T. S. Rappaport, IEEE Trans. Wirel. Commun., **3**, 3, 922-928, (2004).
- [2] Australian Communications And Media Authority, *Planning of the 71-76 GHz and 81-86 GHz bands for Millimetre Wave High Capacity Fixed Link Technology*, (2007).
- [3] [Microwaves RF, Transceiver Chips Corral MM Waves, \(Hittite Microwave Corporation, Chelmsford\), Abril, 94-99, \(2012\).](#)
- [4] I. Flammia, C. C. Leonhardt, J. Honecker, A. G. Steffan y A. Stöhr, IEEE MWP, "Novel E-Band (71-76 GHz) Photodiode Module featuring a Hermetic Grounded-Coplanar-Waveguide-to-Rectangular-Waveguide Transition", 405-408 (2011).
- [5] N. Ghassemi y K. Wu, IEEE Trans. Antenn. Propag., **60**, 9, (2012).
- [6] A. Hammoudeh, R. Stephens y M.-Nuaimi, EuMC, "Characterisation and modelling of scatter, attenuation and depolarisation of millimetre waves due to foliage", (Praga, República Checa), 9-12, (1996).
- [7] [S. Joshil, S. Sancheti, Proceedings of International Conference on Microwave, "Foliage Loss Measurements of Tropical Trees at 35 GHz", 531-532 \(2008\).](#)
- [8] I. Kwon, N. Kidera, S. Pinel, J. Papapolymerou, J. Laskar, J. Gwan y M. M. Tentzeris, IEEE Antenn. Wirel. Pr., **5**, 1, 175-178 (2006).
- [9] A. S. Morales-Ramírez, R. Castillo-Pérez. IEEE ROC&C, "Tecnología 4G mejorada con radio sobre fibra y ondas milimétricas", (IEEE, Acapulco, Guerrero), 1-6 (2012).
- [10] N. Pleros, K. Tsagkaris y N. D. Tselikas, IEEE Commun. Lett., **12**, 11, 852-854, (2008).
- [11] F. K. Schwing, E. J. Violette y R. H. Espeland, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., **26**, 3, (1988).
- [12] S. L. Smith, T. Merkle, K. W. Smart, S. G. Hay, M. Shen y F. Ceccato, IEEE Trans. Antenn. Propag., **61**, 4, 1591-1598 (2013).
- [13] W. Tomasi, *Sistemas de comunicaciones*, (Prentice Hall, México), 367, (2003).
- [14] Recomendación UIT-P.833-4 (2003).
- [15] Recomendación UIT-R P.1410 (1999).
- [16] http://www.cicusa.com/mainwebdocs/MMW_Radios_in_Backhaul.pdf
- [17] <http://htcbrn.com/fSONA/Installation/TECHNOTE-%20Link%20Margin%20vs.%20Range%20-%20For%20Different%20ITU%20Rain%20Zones.pdf>
- [18] <http://www.rfglobalnet.com/Doc/millimeter-wave-standard-gain-conical-and-pyramidal-horns-sgh-series-datasheet-0001>
- [19] <http://wigig.org/faqs/>
- [20] http://www.windfinder.com/windstats/windstatistic_mexico_city.htm
- [21] ftp://neutron.ing.ucv.ve/pub/ai/martinezf/PROP_ANT/PROPAGA.pdf



ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO VOIP BAJO UN AMBIENTE INALÁMBRICO

Homero Toral-Cruz, Freddy Chan Puc, Víctor Sánchez Huerta, Emmanuel Torres Montalvo, Jaime Ortegón Aguilar

Universidad de Quintana Roo, Av. Boulevard Bahía s/n, Col. Del Bosque, Chetumal Quintana Roo. Email: homerotorcruz@gmail.com

RESUMEN

La rápida evolución de los sistemas de comunicación inalámbricos se ha visto impulsada por la creciente demanda de servicios multimedia (voz, video, datos, etc.) que exigen aceptables niveles de QoS, movilidad y rapidez de respuesta en la transmisión de información. Estas características en los sistemas, han motivado el desarrollo de nuevas técnicas y sofisticados algoritmos que permitan satisfacer estas demandas; así también como el desarrollo de aplicaciones inalámbricas más atractivas, tal como la transmisión de voz sobre redes WLANs. En este trabajo se realizó, mediciones, análisis y caracterización de los principales parámetros de QoS de tráfico de voz sobre IP entre dos WLANs interconectadas mediante un canal inalámbrico, haciendo uso de la tecnología MIMO.

ABSTRACT

The fast evolution of wireless communication systems has been driven for the growing demand of multimedia services (voice, video, data, etc.), which require acceptable QoS levels, mobility and fast response on the information transmission. These features have motivated the development of new techniques and sophisticated algorithms to satisfy these demands, as well as the development of more attractive wireless applications, such as voice over WLANs. In this work, we performed measurements, analysis and characterization of the main QoS parameters of VoIP traffic between two WLANs interconnected by means of a wireless channel by using the MIMO technology.

INTRODUCCIÓN

Internet se ha convertido en una de las redes de telecomunicaciones más importantes, actualmente es la red convergente que ha motivado a los desarrolladores, a diseñar nuevas e innovadoras aplicaciones con grandes requerimientos de ancho de banda y bajo retardo. Una de las aplicaciones que ha sobresalido es la transmisión de voz sobre el protocolo de Internet, la cual, permite al usuario utilizar la red IP como canal de comunicación para la transmisión de paquetes de voz. Por otro lado, una de las tecnologías de transmisión más importantes en las redes de telecomunicaciones es la tecnología inalámbrica, la cual ha evolucionado de manera exponencial a tal grado que la mayoría de los nuevos dispositivos periféricos y terminales de usuarios (computadoras, laptops, tabletas, Smartphone, impresoras, etc.) soportan esta tecnología en sus múltiples versiones (MIMO, Wi-Fi, WiMax, etc.). La combinación de estas tecnologías ha hecho posible transmitir flujos de voz a través de redes WLAN que no necesariamente garanticen calidad de servicio.



Este trabajo fue apoyado por PROMEP-UQROO-PTC-110

La calidad de servicio es un factor importante a considerar en el diseño e implementación de una red de servicios convergentes. Debido a que en el futuro se espera la migración de las comunicaciones de voz hacia la red IP, las expectativas por mejorar el desempeño de los sistemas VoIP han aumentado considerablemente, por lo cual es esencial conocer el comportamiento de los factores que afectan el desempeño y funcionamiento de la misma, con el objetivo de definir mejores modalidades de prestación de servicios, traducidas en aceptable nivel de QoS.

En este trabajo se realizó, medición, análisis y caracterización de los principales parámetros de QoS de tráfico de voz sobre IP en un escenario de dos redes de área local inalámbricas "WLAN", bajo la tecnología MIMO.

1 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS

La rápida evolución de los sistemas de comunicación inalámbricos se ha visto impulsada por la creciente demanda de servicios multimedia (voz, video, datos, etc.) que exigen aceptables niveles de calidad de servicio, movilidad y rapidez de respuesta en la transferencia de información. En consecuencia, las altas tasas de transmisión con calidad en los enlaces para usuarios móviles es un requerimiento necesario que debe satisfacer cualquier sistema de comunicación inalámbrico. Estas características en los sistemas han motivado el desarrollo de nuevas técnicas y sofisticados algoritmos que permitan satisfacer estas demandas [1] [2]; así también como el desarrollo de aplicaciones inalámbricas más atractivas, tal como la transmisión de voz sobre redes de área local inalámbricas.

Uno de los retos más importantes en el diseño de sistemas de comunicaciones inalámbricos, es alcanzar tasas de transmisión de información cada vez más elevadas. Los actuales sistemas de comunicación inalámbricos de Tercera Generación (3G) deben soportar distintos servicios con tasas de transferencia que van desde los 144 Kbps en redes móviles y hasta 2 Mbps en redes inalámbricas para entornos de propagación en interiores [3] [4]. Por otro lado, las tasas de transferencia que se exigirán a los futuros sistemas denominados de Cuarta Generación (4G), serán mucho más elevadas, en el rango de 20-200 Mbps [5].

Las técnicas WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) [6] y OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [7] han contribuido de manera significativa para lograr satisfacer las tasas de transferencia demandadas por los sistemas 3G. En este contexto, los diseñadores de sistemas de comunicación afirman que una alternativa para satisfacer los requerimientos planteados por los sistemas 4G es el uso de las técnicas de WCDMA y OFDM en conjunto con esquemas que utilicen múltiples antenas para transmitir y recibir la información. Este tipo de esquemas que utilizan múltiples antenas, son conocidos como sistemas MIMO (Multiple-Input Multiple Output). A diferencia de los esquemas convencionales SISO (Single-Input Single-Output) que sólo utilizan una antena para transmitir y recibir, los sistemas MIMO pueden alcanzar altas tasas de transmisión de información sin la necesidad de incrementar ni la potencia de transmisión ni el ancho de banda del canal [8].

La Fig. 1 muestra un diagrama a bloques de la estructura básica de un sistema MIMO, en la cual se puede observar como un flujo de datos en formato binario es alimentado al bloque de transmisión simplificado que engloba las funciones de codificación de canal, el mapeo (mapping) a símbolos complejos (Quaternary Phase-Shift Keying o QPSK y M-ary Quadrature Amplitude



Modulation o M-QAM, etc.) y la conversión serie-paralelo. Los símbolos en paralelo son alimentados a cada una de las antenas transmisoras ($1, 2, \dots, n_T$) para que sean transmitidos por el canal de radio. En el receptor, el mensaje es recuperado cuando las operaciones de demodulación y demapping procesan las señales capturadas por el arreglo de antenas ($1, 2, \dots, n_R$) [9].

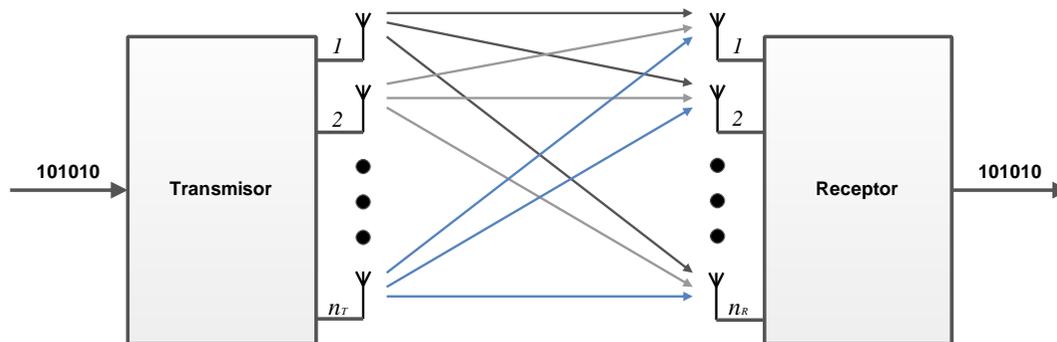


Fig. 1 Sistema MIMO.

En un sistema MIMO, las señales emitidas por las antenas transmisoras y las captadas por las antenas receptoras son combinadas de tal manera que cada usuario MIMO tenga mejor calidad de servicio y un incremento en la tasa de transmisión; por otro lado, potencializa la propagación por múltiples trayectorias en beneficio del usuario [9].

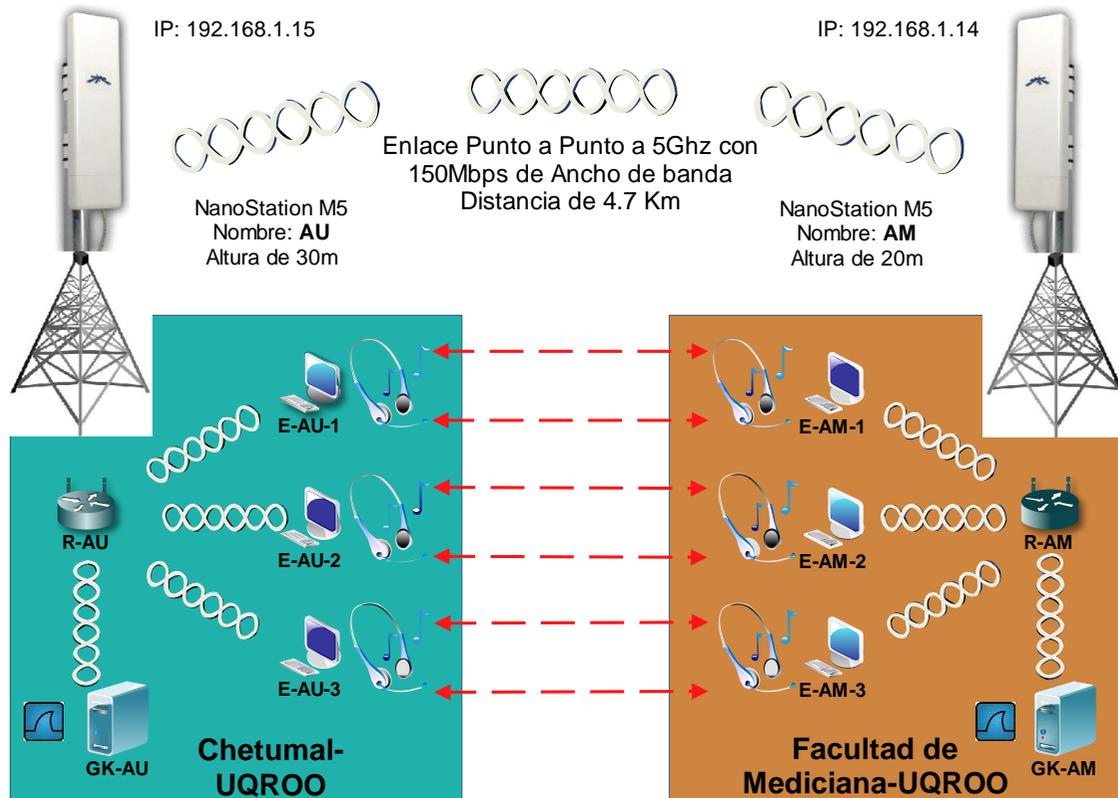
2 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE TRÁFICO VoIP SOBRE UNA WLAN

2.1 ESCENARIOS DE MEDICIÓN

El escenario de medición en el cual se midió el tráfico VoIP está formado por dos redes inalámbricas de área local (WLAN), interconectadas punto a punto mediante 2 antenas MIMO, como se muestra en la Fig. 2. WLAN "A": Red Campus Chetumal-UQROO (120MBPS) y WLAN "B": Red Facultad de Medicina-UQROO (120MBPS).

La Fig. 2 muestra una arquitectura H.323 formada por dos zonas interconectadas a través de un enlace punto a punto. Cada zona está compuesta por un Gatekeeper (GK), y terminales H.323 (TE), interconectados a un Router vía una WLAN. El router a su vez está conectado a una antena MIMO (AU), la cual se encuentra montada en la torre de comunicaciones del Centro de Tecnologías de la Información y la Comunicación (CTIC) de la UQROO, esta antena se comunica a otra antena MIMO (AM) montada en la torre de comunicaciones de la Facultad de Medicina UQROO. La zona "A" está conformada por los terminales E-AU-1, E-AU-2, y E-AU-3, esta zona es administrada por el GK-AU; en esta zona se instaló el analizador de protocolos de red Wireshark para coleccionar las trazas. La zona "B" está compuesta por los terminales E-AM-1, E-AM2, y E-AM-3, y el GK-AM.

Los gatekeepers utilizados en este proyecto fueron implementados mediante software, haciendo uso del proyecto GNU Gatekeeper [10] el cual es un proyecto de código abierto que implementa un Gatekeeper H.323.



AU: Antena Universidad; AM: Antena Medicina; GK: Gatekeeper; E: Endpoint; R: Router

Fig. 2 Escenario de Medición.

La Tabla 1 muestra la configuración usada en los terminales de la Fig. 2 para efectuar las mediciones.

Tabla 1.- Configuración de Terminales

Conjunto de Trazas (CT)	E-AU-1/E-AM-1	E-AU-2/E-AM-2	E-AU-3/E-AM-3	Ancho de Banda
CT1, CT2, CT3, CT7	G.711-20ms	G.711-20ms	G.711-20ms	20MHz
CT8	G.711-20ms	G.711-20ms	G.711-20ms	10MHz
CT4, CT5, CT6	GSM-20ms	GSM-20ms	GSM-20ms	20MHz

Las mediciones correspondientes a los conjuntos de trazas ilustrados en la Tabla 2, fueron colectadas de la siguiente manera:

- Tres llamadas de prueba fueron establecidas de manera simultáneas entre los terminales E-AU-1/E-AM-1, E-AU-2/E-AM-2 y E-AU-3/E-AM-3, ver Tabla 1.



- Durante las llamadas se transmitió un audio en inglés para simular la conversación de dos personas.
- Las configuraciones usadas en las llamadas de prueba están basadas en: el tipo de CODEC (G.711 y GSM) y tamaño de paquete de voz (20ms).
- Los periodos de medición fueron de 60 minutos por cada llamada de prueba (duración de llamada).
- Por cada periodo de medición (una hora), tres trazas de jitter de arribo, retardo en un sentido (OWD) y pérdida de paquetes (PLR) fueron obtenidas.
- Los ocho conjuntos de trazas seleccionados contienen 51.84 millones de paquetes RTP, correspondiente a 288 trazas de jitter de arribo, 288 trazas de OWD y 288 trazas de PLR, medidos en horas típicas de trabajo.

Tabla 2.- Descripción de los Conjuntos de Trazas Colectados

Conjunto de Trazas	Período de medición	CODEC usado	Trazas capturadas	Total de paquetes	Total de bytes
1	12-10-2012 10:00 – 22:00	G711	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	1,386,720,000
2	13-10-2012 10:00 – 22:00	G711	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	1,386,720,000
3	14-10-2012 10:00 – 22:00	G711	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	1,386,720,000
4	19-10-2012 10:00 – 22:00	G711	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	1,386,720,000
5	20-10-2012 10:00 – 22:00	G711	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	1,386,720,000
6	21-10-2012 10:00 – 22:00	GSM	Jitter arribo 36 OWD 36	6,480,000	563,760,000



			PLR 36		
7	13-11-2012 10:00 – 22:00	GSM	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	563,760,000
8	14-11-2012 10:00 – 22:00	GSM	Jitter arribo 36 OWD 36 PLR 36	6,480,000	563,760,000

La Tabla 2 muestra la descripción detallada de los conjuntos de trazas colectadas durante el proceso de medición.

2.2 RESULTADOS

En la presente sección se presenta el análisis y caracterización del tráfico VoIP capturado en una red WLAN. El conjunto de mediciones analizadas en esta sección, se muestran en la Tabla 2.

En el presente trabajo se evaluó el desempeño de un conjunto de llamadas de prueba, mediante el cálculo del factor R [11] [12] y el correspondiente mapeo a valores de MOS [13]. La Fig. 3 muestra los valores promedio de MOS correspondiente a los Conjuntos de Trazas: CT1, CT2 y CT3 por cada hora de medición.

En la Fig. 3, analizamos los valores promedio de MOS calculados por cada hora de medición en CT1, CT2 y CT3, que corresponden a tres llamadas de prueba (Flujo 1, 2, 3) con las configuraciones mostradas en la Tabla 1 (G.711-20ms). En esta figura podemos observar que solo el flujo 3 ofreció buena calidad de acuerdo al MOS (usuarios “Muy Satisfechos”) con excepción de un pico que hubo a las 13hrs donde el valor de MOS bajo a 3.25 (“Muchos Usuarios están Insatisfechos”), debido a alguna degradación de la señal de voz. Por otro lado, los otros 2 flujos presentaron valores de MOS que van desde 1.0 (“Casi todos los Usuarios están Insatisfechos”) hasta 3.7 (“Algunos Usuarios están Insatisfechos”) y por consiguiente, no logran alcanzar buena calidad [11].

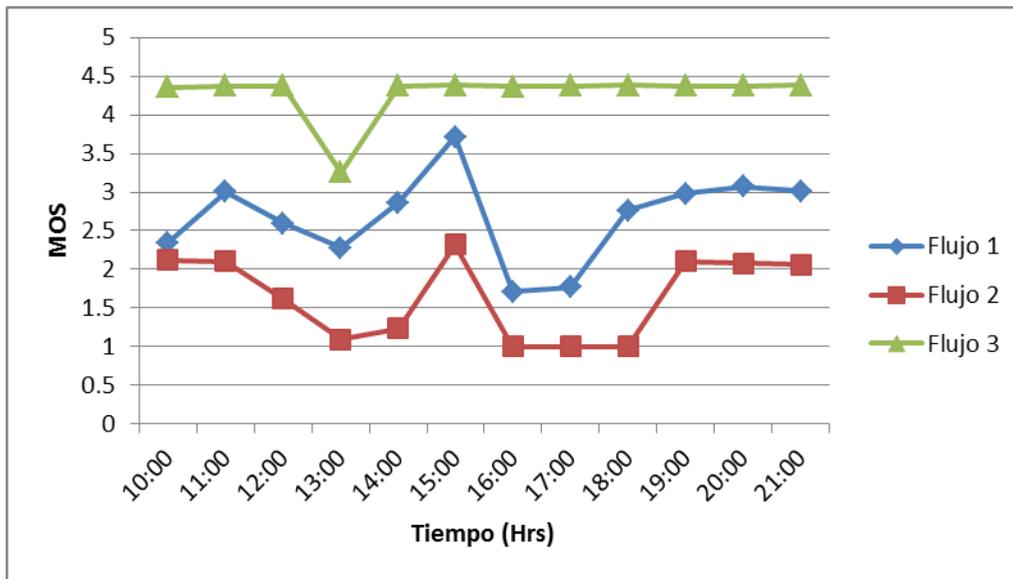


Fig. 3 Valores Promedios de MOS por Hora: CT1, CT2 y CT3.

Con el objetivo de obtener más información sobre que parámetro de QoS fue el responsable de las degradaciones presentadas en la Fig. 3, en las Figs. 4 y 5 se ilustran los correspondientes valores de PLR y OWD de las llamadas de prueba bajo estudio.

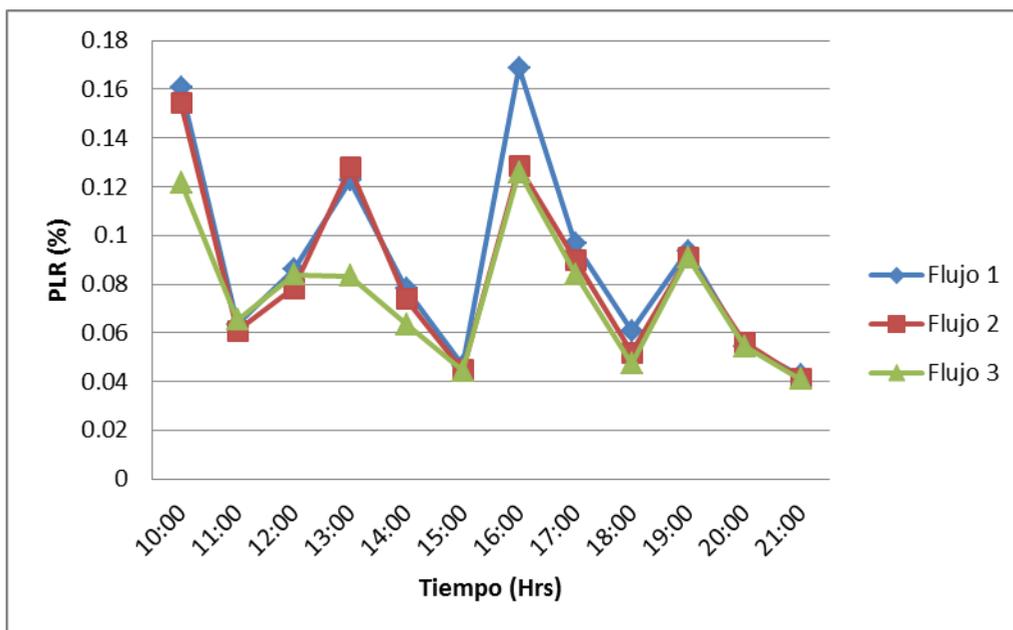


Fig. 4 Valores Promedios de PLR por Hora: CT1, CT2 y CT3.

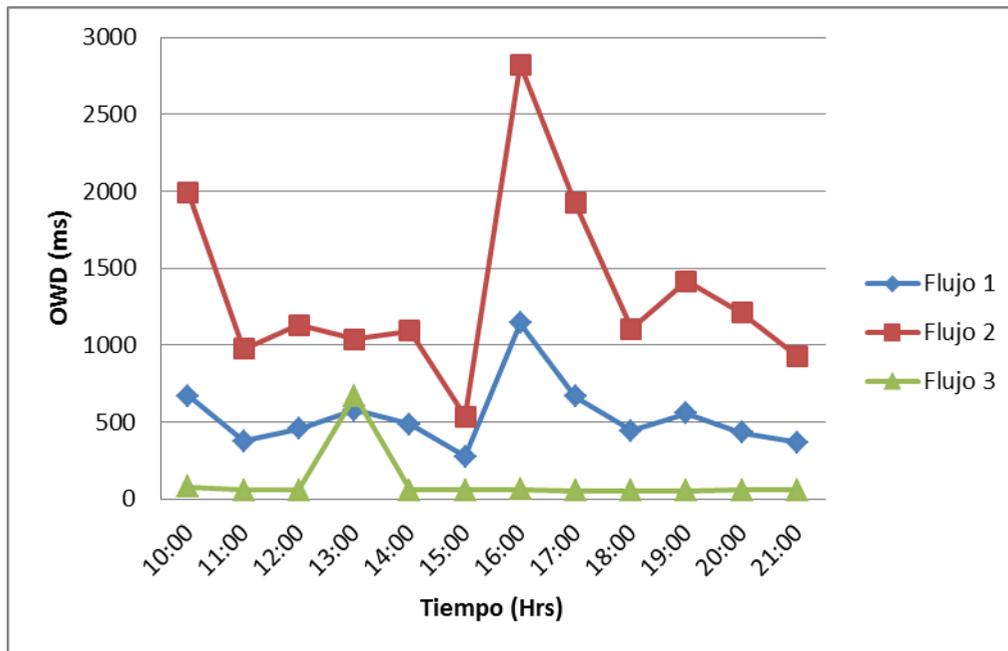


Fig. 5 Valores Promedios de OWD por Hora: CT1, CT2 y CT3.

Ahora analizando el PLR (ver Fig. 4) podemos ver que los tres flujos siguen un comportamiento muy similar, sin embargo el flujo 3 muestra valores más pequeños que los otros dos flujos manteniendo valores entre 0.12% - 0.04% y promediando un valor de 0.075%, por otra parte el flujo 1 es el que muestra valores más grandes, entre 0.16% - 0.42%.

En general a pesar de que se ven muchas variaciones en los valores de PLR de los flujos, como se observa en la Fig. 4, ninguno de ellos logra alcanzar valores grandes como para afectar la calidad de la llamada de manera considerable.

Por otro lado, si analizamos el OWD (ver Fig. 5), se puede observar que el flujo 2, presentó los valores más grandes de OWD, con valores que van desde 535.7ms – 2821.89ms, con estos valores este flujo ha perdido totalmente la calidad ya que según los estudios realizados a esta métrica, los valores aceptables para este retardo son de 150ms – 400ms. Por otra parte vemos que el flujo 3 logró conservar valores muy bajos, entre 52.54ms – 76.4ms, sin embargo a las hora 13hrs alcanzó un valor de 667.7ms que cae dentro del rango de calidad mala, por este motivo en la Fig. 3 a las 13 hrs se obtiene un valor de MOS de 3.25 (“Muchos Usuarios están Insatisfechos”) [14].

De lo anterior podemos concluir que el OWD es el parámetro de mayor impacto en la QoS de las llamadas de prueba bajo estudio.

Otro análisis consistió en comparar los valores de MOS, OWD y PLR del flujo 1 correspondiente al CT1 (valores sin promediar). La Figs. 6, 7 y 8 muestra el comportamiento de estos parámetros.

En la Fig. 6 podemos ver como los valores del MOS se mueven en función a los valores de PLR, es decir, cuando los valores de PLR aumentan el MOS disminuye.



De igual manera que con el PLR, el comportamiento del MOS se mueven en función del OWD, los picos de OWD se ven reflejados en valores bajos de MOS y en consecuencia en la disminución de la QoS, como se muestra en la Fig. 7.

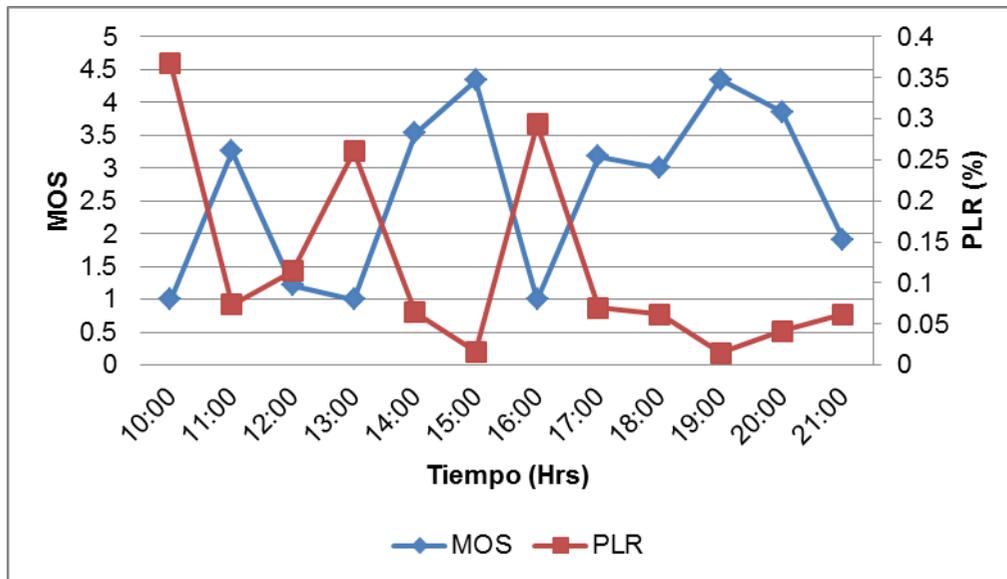


Fig. 6 Relación entre MOS y PLR: CT1-Flujo 1.

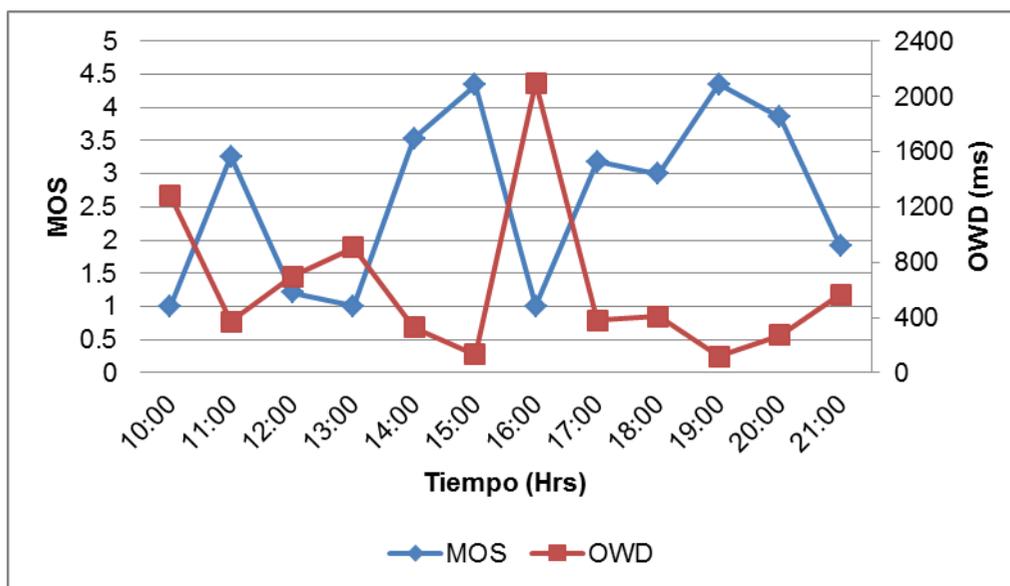


Fig. 7 Relación entre MOS y OWD: CT1-Flujo 1.

Por último se muestra la comparación entre PLR y OWD, como podemos ver, en la Fig. 8, existe una gran correlación entre los valores de PLR y OWD, lo cual explica y justifica la influencia lineal que tienen estos dos parámetros en el MOS. Sin embargo, cabe mencionar que los valores de PLR están en los valores óptimos y los valores de OWD se encuentran en valores no deseados en



una comunicación, por tanto, se reafirma la conclusión anterior para este caso particular, donde, el OWD es el parámetro de mayor impacto en la QoS.

Por otro lado, se puede observar que existe un compromiso entre el OWD, PLR y MOS. Si el OWD presenta un valor grande y el PLR presenta un valor pequeño, se mantiene un nivel bueno de QoS, de tal manera que retardos grandes son compensados con pérdidas pequeñas.

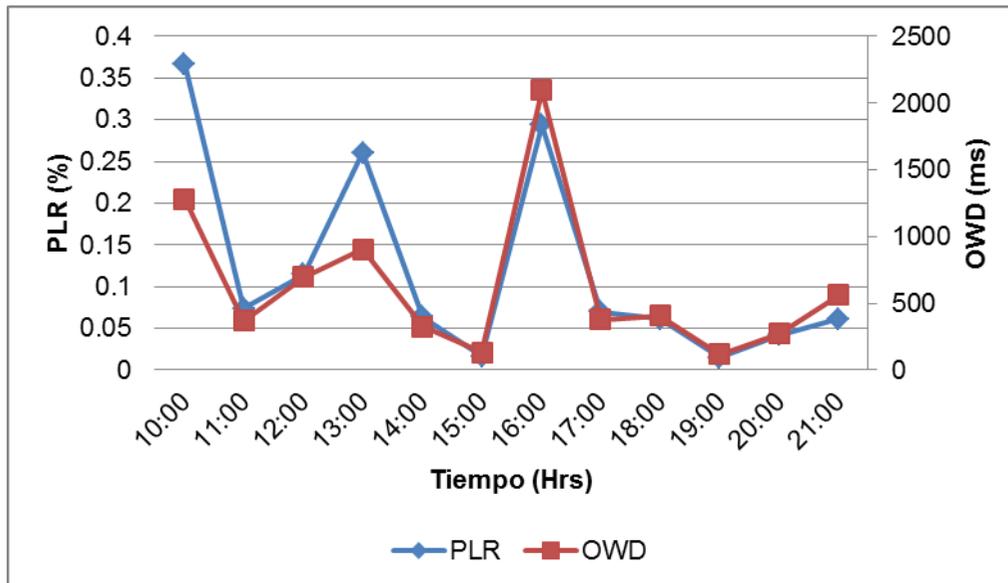


Fig. 8 Relación entre PLR y OWD: CT1-Flujo 1.

Como se puede observar en los análisis anteriores, el ancho de banda usado en las llamadas de prueba bajo estudio fue de 20MHz. Con el objetivo de analizar los parámetros anteriores a diferentes anchos de banda, se presenta la Fig. 9. En la Fig. 9 se muestra una comparativa del MOS, OWD y PLR del CT8, el cual corresponde a un flujo de voz transmitido sobre un canal de 10MHz.

Observamos que los valores de MOS se mantuvieron a un nivel constante durante casi todo el día, sin embargo, se presentaron dos picos importantes a las 11hrs y a las 12hrs con valores de 3.89 y 3.90 respectivamente (“Algunos Usuarios están Insatisfechos”), sin embargo, los valores de MOS varía entre los valores 3.8 – 4.3, con un promedio de 4.1, lo cual significa en la escala MOS que los usuarios están “Satisfechos” [11].

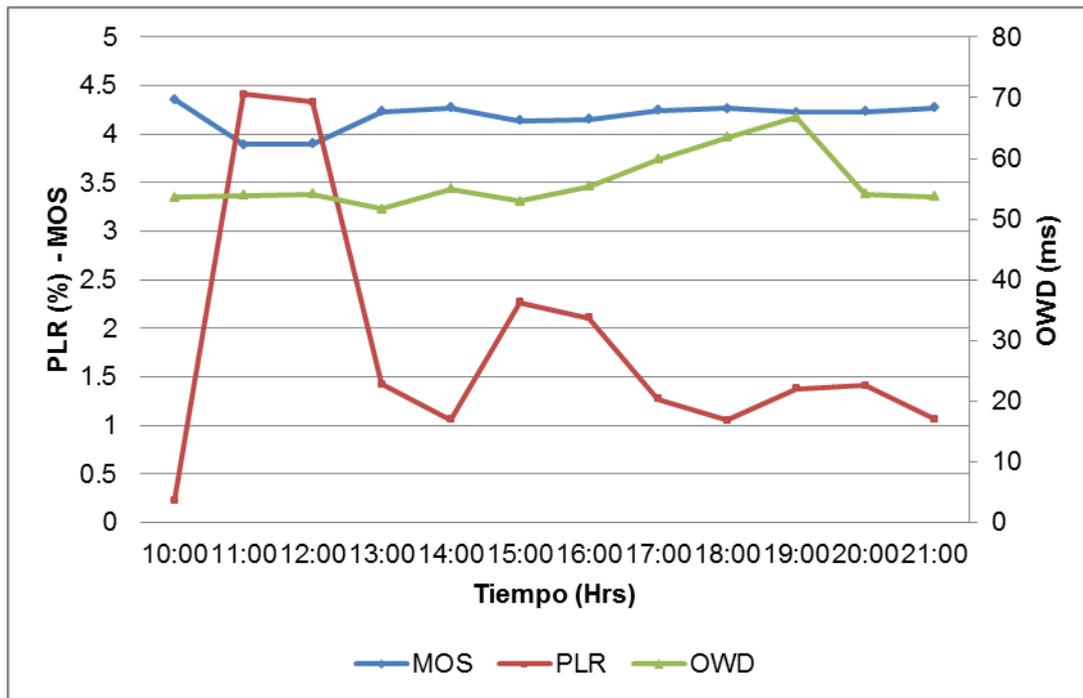


Fig. 9 Relación entre MOS, PLR y OWD: CT8-Flujo 1-10MHz.

De la Fig. 9 también se puede observar que el PLR presentó valores muy altos durante las horas 11hrs y 12hrs registrando valores de 4.4% y 4.3% de pérdidas, respectivamente, en consecuencia, estos valores de pérdida no deseados afectaron significativamente al MOS, haciéndolo descender 0.5 puntos en su escala, además de estos dos valores atípicos, el PLR tuvo valores muy altos durante este día, ya que los valores que presenta en su mayoría son mayores al 1%, teniendo como valor mínimo el 0.2% y como máximo el 4.4%, con un valor promedio durante este día de 1.8%, lo cual según estudios realizados de esta métrica nos indican que la calidad es "Mala" [15].

Por último, la Fig. 9 nos muestra los valores de OWD, como vemos este parámetro, se mantuvo en valores muy bajos, teniendo un valor mínimo de 51.6ms y un máximo de 66.7ms. El promedio de OWD fue de 56.2ms lo que según los estudios realizados a esta métrica, la calidad fue "Buena", ya que este retardo cuando está entre 0 y 150ms es considerado bueno [14].

De este análisis podemos concluir que al disminuir el ancho de banda, se incrementaron las pérdidas de paquete, sin embargo los retardos extremo a extremo no se vieron afectados.

Como análisis final, se realizó la comparación de OWD y PLR, para los dos esquemas de codificación utilizados (G.711 y GSM). Las Figs. 10 y 11 muestran este estudio.

Como se puede observar en estas figuras el CODEC GSM es más vulnerable a sufrir pérdidas y retardos.

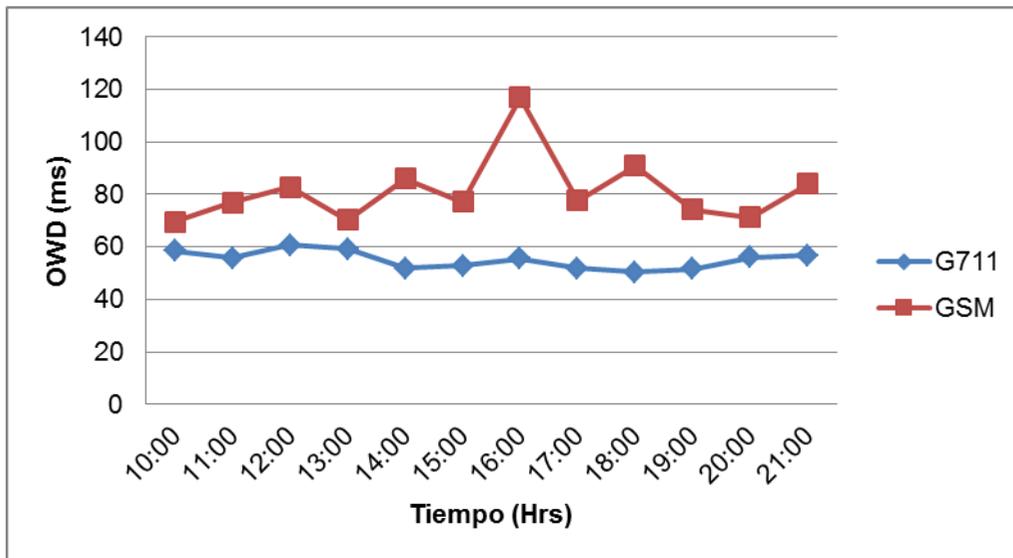


Fig. 10 Comparación de OWD entre G.711 y GSM: CT1 y CT4.

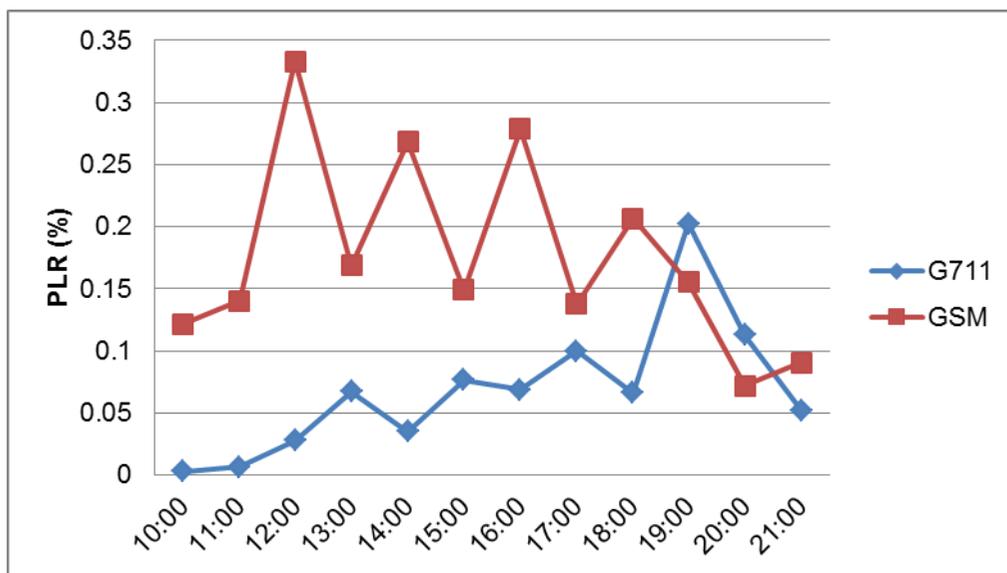


Fig. 11 Comparación de PLR entre G.711 y GSM: CT1 y CT4.

CONCLUSIONES

Como resultado de nuestro estudio sobre el análisis y caracterización del tráfico VoIP bajo un escenario inalámbrico, se puede concluir lo siguiente:

- Se evaluó el desempeño de la red VoIP inalámbrica mediante el Modelo E y MOS.
- El parámetro OWD tuvo mayor impacto en la calidad de servicio en los enlaces de 20MHz, sin embargo el PLR paso desapercibido, pues presento valores muy bajos.



- En el enlace de 10MHz ya se vio reflejado el impacto de las pérdidas de paquetes.
- Existe un compromiso entre el OWD, PLR y MOS. Si el OWD presenta un valor grande y el PLR presenta un valor pequeño, se mantiene un nivel bueno de QoS, de tal manera que retardos grandes son compensados con pérdidas pequeñas.
- GSM resulto ser más sensible tanto al OWD como al PLR, obteniendo valores superiores a los de G711.

REFERENCIAS

- [1] M. Jankiraman, Space Time Codes and MIMO Systems, Artech House Ed., USA, 2004.
- [2] D. Tse and P. Biswanath, Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, England, 2005.
- [3] Third generation partnership project website, <http://www.3gpp.org>.
- [4] Third generation partnership project-2 website, <http://www.3gpp2.org>.
- [5] M.Ñagakawa and A. Jones, TDD-CDMA for the 4th generation of wireless communications, IEEE Wireless Communications Magazine, 10(4) (2003) 8-15.
- [6] Z. Wang and G. B. Giannakis, Wireless multicarrier communications, IEEE Signal Processing Magazine, 17(3) (2000) 29-48.
- [7] J. Heiskala and J. Terry, OFDM Wireless LAN's: A Theoretical and Practical Guide, SAMS Publishing, USA, 2002.
- [8] Joaquín Cortéz-González, Algoritmos de Detección para Sistemas ABBA-VBLAST Basados en los Códigos de Dispersión Lineal, Tesis Doctoral, CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara, 2008.
- [9] O. H. Longoria-Gándara, Técnicas de comunicaciones Espacio-Temporales considerando canal MIMO correlacionado y su expansión ortogonal, Tesis Doctoral, CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara, 2010.
- [10] J. Willamowius, OpenH323 Gatekeeper: The GNU Gatekeeper, <http://www.gnugk.org/>, 2009.
- [11] ITU-T, "G.107: The E-Model, a computational model for use in transmission planning," Telecommunication Standardization Sector, Geneva, Switzerland, 2009.
- [12] ITU-T, "G.108: Application of the E-Model: A planning guide," Telecommunication Standardization Sector, Geneva, Switzerland, 1999.
- [13] ITU-T, "P. 800: Methods for subjective determination of transmission quality," Telecommunication Standardization Sector, Geneva, Switzerland, 1996.
- [14] S. Karapantazis y F.-N. Pavlidou, VoIP: A comprehensive survey on a promising tecnology, Computer Networks, 53 (12) (2009) 2050-2090.
- [15] P. Calyam, M. Sridharan, W. Mandrawa y P. Schopis, Performance Measurement and Analysis of H.323 Traffic, The 5th anual Passive & Active Measurement Workshop - PAM, Springer in the Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Antibe Juan-les-Pins, France, Abril 19-20, 2004, p.p. 137-146.



CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE REJILLAS DE BRAGG DE FIBRA ÓPTICA USANDO EL ESPECTRO DE EMISIÓN ESPONTÁNEA EN LA REGIÓN DE 1550 nm DE UNA FIBRA DOPADA CON ERBIO BOMBEADA CON 980 nm.

Manuel May Alarcón, Miguel Augusto García González, Walter Ariel Silva Martínez, Lelio de la Cruz May, Diana Tentori Santacruz, Marco Antonio Rodríguez Blanco, Jorge Gabriel Pacheco Richard, Aarón Flores Gil.

Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR).

mmay@pampano.unacar.mx, mike_9007@hotmail.com

Resumen: En este trabajo se presenta la caracterización de varias rejillas de Bragg sometidas a cambios de potencia de entrada, producida por la de emisión espontánea amplificada a la salida de una fibra dopada con erbio. La caracterización tiene el objetivo de obtener experimentalmente los principales parámetros de una rejilla de Bragg como son la longitud de onda de Bragg, el ancho espectral, el coeficiente de reflexión, y su espectro de reflexión. Para este trabajo se utilizan nueve rejillas de Bragg y una fibra óptica dopada con erbio, la cual genera luz en la región de 1520-1580 nm. Las rejillas de Bragg fueron sometidas a tres potencias de bombeo (52.17 mW, 83.89 mW y 112.2 mW). Entre los principales resultados se encontró que las rejillas tienen longitudes de onda de trabajo que están en tres regiones características de 1548 nm, 1549 nm y 1550 nm sin que ninguna de ellas se traslape, con respecto al coeficiente de reflexión ocho de nueve rejillas tienen 98% y un ancho espectral de 0.1 nm y 0.6 nm respectivamente.

Abstract: This paper shows the characterization of multiple Bragg gratings subject to changes of input power produced by the amplified spontaneous emission at the output of the erbium doped fiber. The characterization has the aim of obtaining experimentally the main parameters of a Bragg grating as is the Bragg wavelength, the spectral width, the reflection coefficient, and reflection spectrum. For this work are used nine fiber Bragg gratings and an optical Erbium doped fiber, which generates light in the region of 1520-1580 nm. The fiber Bragg gratings were subjected to three different pump powers (52.17 mW, 83.89 mW and 112.2 mW). The main results found that the FBG have wavelengths that are working in three different regions of 1548 nm, 1549 nm and 1550 nm and any of them overlap with respect to reflectance eight of nine fiber Bragg gratings have 98 % and with respect at spectral width they have of 0.1 nm and 0.6 nm respectively.



1. Introducción

La fibra óptica ha tenido un gran desarrollo debido a la demanda de información ya que existe un aumento en la transmisión de datos, todo esto originó que se desarrollaran nuevas tecnologías, en especial en la generación de láseres y sensores. Una importante característica de la fibra óptica es su fotosensibilidad [1] o la capacidad inherente de cambiar su índice de refracción por la acción de la radiación UV. Todo esto hace posible que se pueda construir dispositivos capaces de controlar la luz directamente del núcleo de la fibra. Las rejillas de Bragg (FBG) es un ejemplo de estos dispositivos, estos dispositivos tiene gran interés debido a que tienen muchas ventajas como su alta sensibilidad, son inmunes a las interferencias electromagnéticas (EMI), tamaño compacto y capacidad de multiplexado. Muchos de los parámetros físicos incluyendo temperatura, presión, fuerza aceleración, corriente eléctrica, etc. pueden ser medidos usando las propiedades de las rejillas de Bragg [2]. La caracterización de rejillas de Bragg ayuda en gran medida a saber las propiedades de las mismas como longitud de onda de Bragg, coeficiente de transmisión, coeficiente de reflexión y ancho de banda espectral [3] esto ayudaría en gran medida a la realización de láseres y sensores los cual, debido a las características de las rejillas de Bragg los hacen ideales para ambientes hostiles donde las corrientes eléctricas pudieran representar un peligro [4]. En este trabajo se presentan la caracterización de rejillas de Bragg sometido a cambios de la potencia en la fuente de bombeo (52.17 mW, 83.89 mW y 112.2 mW) a temperatura ambiente con el objetivo de conocer sus propiedades y así poder realizar en un futuro láseres con fibra óptica dopada con erbio Er^{+3} . El principio básico de este trabajo es monitorear básicamente el punto máximo de reflectividad también llamado la longitud de onda de Bragg, el ancho espectral, el coeficiente de reflexión, el coeficiente de transmisión y el espectro de emisión espontánea que se origina con las variaciones de potencia en la fuente de bombeo de 980 nm, Todas estas mediciones de los parámetros obtenidos en las nueve rejillas de Bragg se utilizarán en otras pruebas experimentales.

2. Arreglo experimental.

Para la realización de este proyecto de caracterización de las diferentes rejillas de Bragg se utilizó el arreglo experimental que se muestra en la figura 1. Un diodo láser semiconductor de 980 nm de onda continua de la marca Qphotonics L.L.C S/N 16472 se utiliza para bombear a una fibra dopada con erbio a través de un WDM (Wavelength Division Multiplexer por sus siglas en inglés), el cual realiza la función de unir las señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda; la terminal roja del WDM se empalma por fusión a la fibra óptica dopada con erbio Er^{+3} de dos metros de longitud, la cual genera la luz en la región de 1520 a 1580 nm, para poder trabajar con las rejillas de Bragg a caracterizar. Debido a que las rejillas de Bragg de fibra óptica pueden ser utilizadas para reflejar, filtrar o dispersar luz, evitando la necesidad de utilizar espejos dieléctricos de volumen y rejillas de difracción; las rejillas de Bragg se conectan a la fibra dopada con erbio a través de un empalme por fusión y a su vez la salida de la rejilla caracterizada está conectada a un OSA (Optical Spectrum Analyzer por sus siglas en inglés) mediante un conector FC. El OSA es de la marca YOKOGAWA AQ7360C es utilizado para visualizar longitudes de onda relevantes para determinar el punto de operación de las rejillas así como su cómo su longitud de onda de Bragg, la resolución del OSA es de 0.02 nm a temperatura ambiente. La terminal azul del WDM se encuentra dentro de un recipiente en el cual el conector FC está sumergido en un líquido de inmersión, el cual tiene el mismo índice de refracción de la fibra óptica, todo esto para evitar que la cara frontal del conector FC funcione como espejo que genera reflexiones indeseadas.



Fig

ura 1. Diagrama experimental básico del arreglo para caracterizar las rejillas de Bragg.

3. Metodología.

Siguiendo el diagrama ya mencionado en el apartado anterior se realizaron las caracterizaciones; se empalmaron por fusión las rejillas de Bragg a caracterizar y a su vez se empalmaron las rejillas con el conector FC y este se conecta al OSA para que realice la toma de muestras. El conector FC que sale de la terminal azul del WDM se sumerge en líquido de inmersión para evitar que la cara plana del conector refleje luz, luego se incrementa la potencia en el diodo de bombeo a 52.17 mW se capturan los datos y se procede a subir de nuevo la potencia a 83.89 mW y finalmente a 112.2 mW, esto se hace para las nueve rejillas de Bragg. Ya capturado y graficado los datos se procede a determinar los parámetros de coeficiente de reflexión, longitud de onda de Bragg, ancho espectral y coeficiente de transmisión. Para determinar la longitud de onda de Bragg se mide tomando el punto con potencia más bajo el cual también encuentra en la curva de la parte no reflejada de la rejilla de Bragg este valor se expresa en nm ya que interesa en que longitud de onda se encuentra el punto a analizar. Para obtener el ancho espectral ($\Delta\lambda$) se usa la técnica por medio del ancho total a la mitad del máximo, entonces para encontrar el ancho espectral se utiliza la ecuación (1).

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (1)$$

Para encontrar el coeficiente de reflexión (\mathfrak{R}) se toman los valores de reflectancia (r) que una porción de la potencia de salida reflejada y una porción de la potencia de entrada (P_{in}) y se procede a realizar la operación matemática con respecto a la ecuación (2).

$$\mathfrak{R} = \frac{r}{P_{in}} \quad (2)$$

Para determinar el valor de coeficiente de transmisión (T) se utiliza el valor obtenido en la ecuación 2, La fórmula del coeficiente de transmisión se muestra en la ecuación 3

$$T = 1 - \mathfrak{R} \quad (3)$$

Todos estos procedimientos para obtener los valores se realizan en todas las rejillas de Bragg a caracterizar para tres potencias de bombeo 52.17 mW, 83.89 mW y 112.2 mW.



4. Resultados y análisis.

Los resultados obtenidos muestran que se tienen rejillas con longitudes de Bragg diferentes, ninguna de las nueve rejillas son iguales entre sí, de estas nueve rejillas de Bragg caracterizadas por lo menos una de las nueve tienen su longitud de onda de Bragg en tres longitudes de onda diferentes 1548, 1549 y 1550 nm esto lo podemos notar en el espectro de emisión espontánea con reflexión para una potencia en el diodo de bombeo de 52.17 mW, esto se muestra en la figura 2, la figura 3 es un acercamiento de la figura 2 en el rango de 1548-1551 nm. En la figura 3 se observa que la FBG8 muestra un ancho espectral mucho más amplio y el coeficiente de reflexión más pequeño a comparación de las otras rejillas, la FBG9 muestra un ancho espectral más pequeño de todas las rejillas. Los coeficientes de reflexión de las rejillas excepto la FBG8 muestran un valor alrededor del 98% y un coeficiente de transmisión del 2%, todos estos datos se muestran en la tabla I.

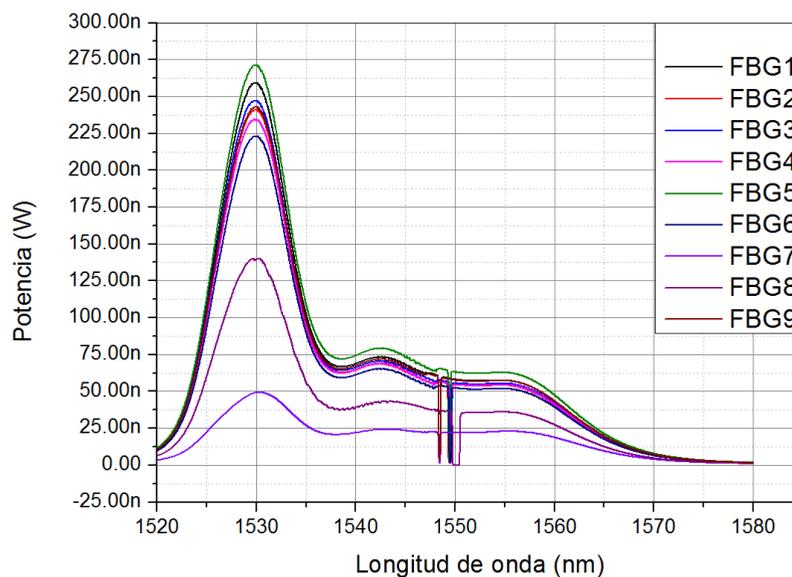


Figura 2. Espectro de transmisión espontánea con reflexión de las nueve rejillas de Bragg de 1520-1580 nm, con potencia de bombeo de 52.17 mW.

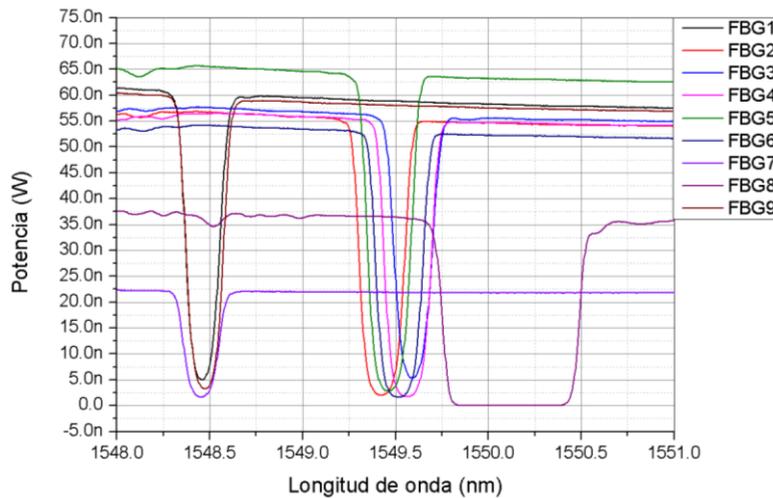


Figura 3. Reflexión de la luz de 1548-1551 nm, con potencia de bombeo de 52.17 mW.

Tabla I

52.17 mW				
REJILLA	λ_B (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	R (%)	T (%)
FBG1	1548.456	0.101	98.653	1.340
FBG2	1549.425	0.113	98.710	1.280
FBG3	1549.590	0.116	98.010	1.980
FBG4	1549.564	0.109	98.710	1.280
FBG5	1549.459	0.113	98.240	1.750
FBG6	1549.519	0.113	98.400	1.540
FBG7	1548.461	0.098	98.198	1.801
FBG8	1550.115	0.529	94.520	5.470
FBG9	1548.473	0.098	98.280	1.712

Tabla I. En esta tabla se presentan los principales parámetros obtenidos experimentalmente para las rejillas de Bragg para una potencia de bombeo de 52.17 mW.

Los resultados para una potencia de 83.89 mW en el diodo de bombeo son muy parecidos cuando este bombea 52.17 mW; se puede observar que las rejillas FBG1, FBG2, FBG3, FBG4, FBG8 y FBG9 mantienen la misma longitud de onda de Bragg, por lo contrario las rejillas FBG5, FBG6 y FBG7 su longitud de onda de Bragg son ligeramente diferentes. La FBG8 sigue mostrando un ancho espectral mayor a todas las rejillas y el coeficiente de reflexión menor, la FBG9 muestra el ancho espectral menor a todas las rejillas. Para esta potencia de bombeo se siguen apreciando que por lo menos una de las rejillas muestra una longitud de onda de Bragg en las regiones de



1548, 1549 y 1550 nm esto se puede notar en la figura 4 y 5, la cual es un acercamiento de la figura 4 en el rango de 1548-1551 nm de longitud de onda. Los coeficientes de reflexión de las rejillas excepto la FBG8 muestran un valor alrededor del 98% y un coeficiente de refracción alrededor del 2%, todos estos datos se muestran en la tabla II.

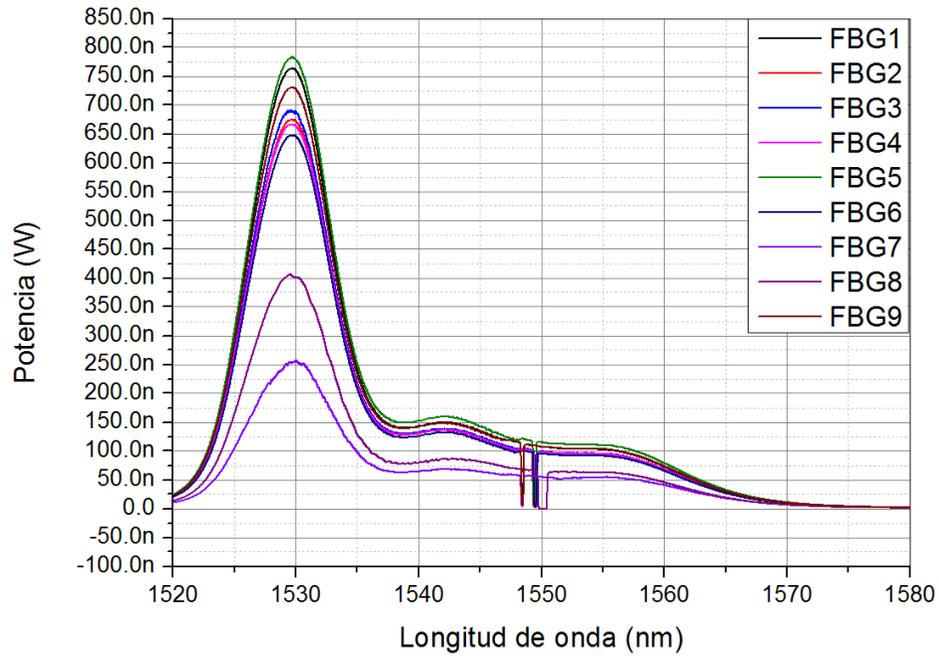


Figura 4. Espectro de transmisión espontánea con reflexión de las nueve rejillas de Bragg de 1520-1580 nm, con potencia de bombeo de 83.89 mW.

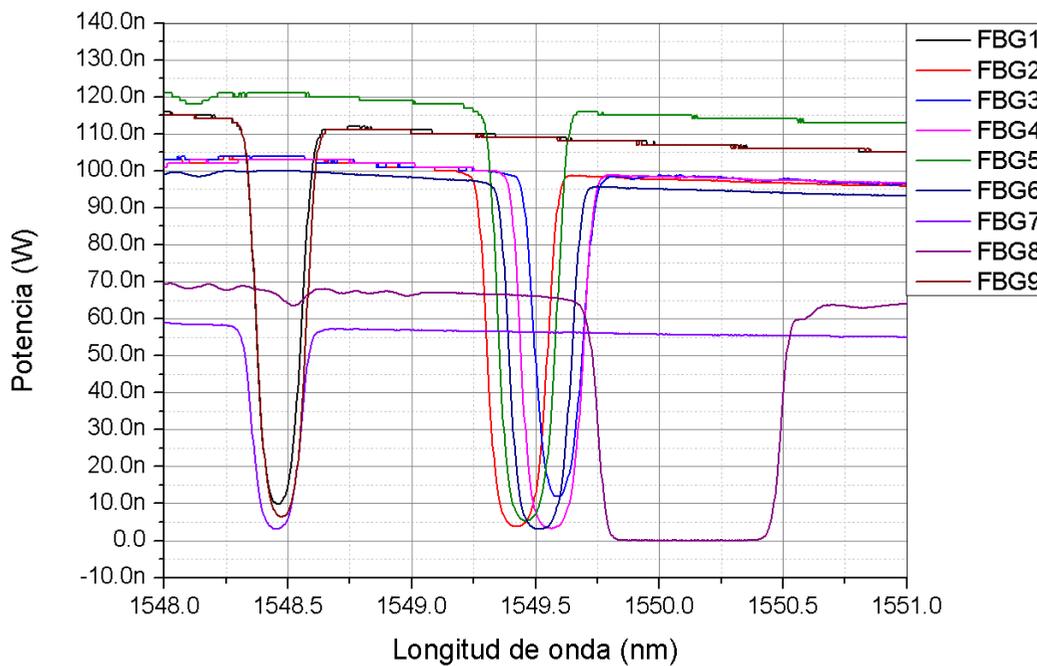




Figura 5. Reflexión de la luz de 1548-1551 nm, con potencia de bombeo de 83.89 mW.

Tabla II.

83.89 mW				
REJILLA	λ_B (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	R (%)	T (%)
FBG1	1548.456	0.098	98.210	1.785
FBG2	1549.425	0.109	98.590	1.401
FBG3	1549.590	0.120	98.200	1.800
FBG4	1549.564	0.113	98.500	1.500
FBG5	1549.463	0.113	98.300	1.694
FBG6	1549.515	0.113	98.416	1.583
FBG7	1548.454	0.094	98.066	1.933
FBG8	1550.115	0.619	94.006	5.993
FBG9	1548.473	0.090	98.210	1.785

Tabla II. En esta tabla se presentan los principales parámetros obtenidos experimentalmente para las rejillas de Bragg para una potencia de bombeo de 83.89 mW.

Para la potencia de 112.2 mW en el diodo de bombeo las longitudes de onda de Bragg se mantienen igual en las rejillas FBG1, FBG2, FBG3, FBG4, FBG8 y FBG9 con relación a las potencias de bombeo anteriores y mientras que las rejillas FBG5, FBG6 y FBG7 son diferentes. La FBG8 sigue mostrando un ancho espectral mayor a todas las rejillas y el coeficiente de reflexión menor, la FBG9 muestra el ancho espectral menor a todas las rejillas. Para esta potencia de bombeo se siguen apreciando que por lo menos una de las rejillas muestra una longitud de onda de Bragg en las regiones de 1548, 1549 y 1550 nm esto se puede notar en la figura 6 y 7, la cual es un acercamiento de la figura 6 en el rango de 1548-1551 nm. Los coeficientes de reflexión de las rejillas excepto la FBG8 muestran un valor alrededor del 98% y un coeficiente de refracción alrededor del 2%, todos estos datos se muestran en la tabla III.

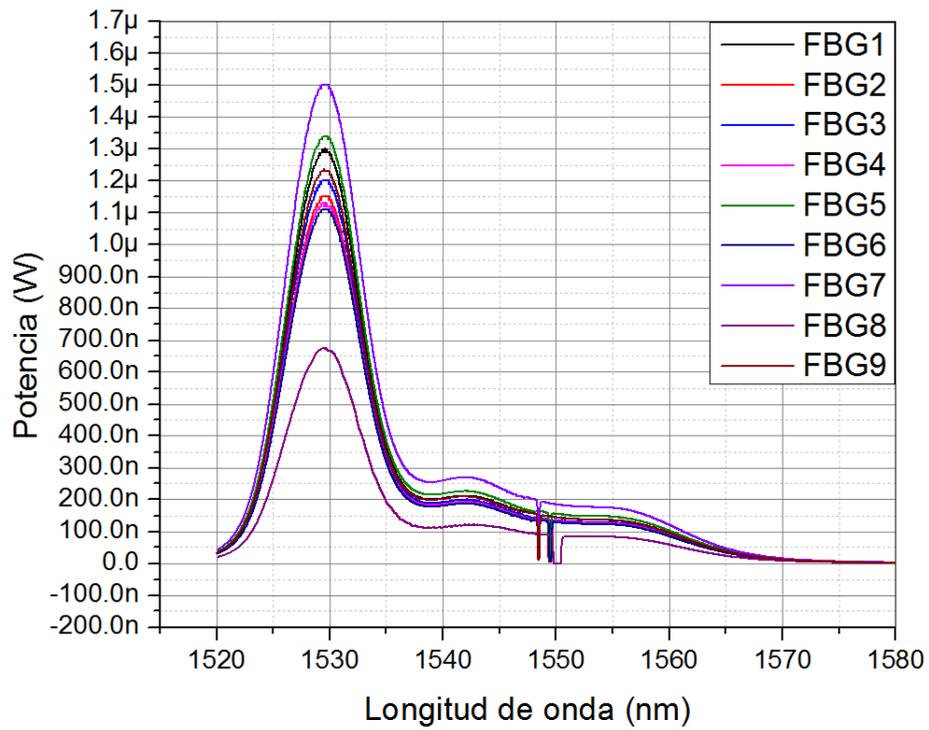


Figura 6. Espectro de transmisión espontánea con reflexión de las nueve rejillas de Bragg de 1520-1580 nm, con potencia de bombeo de 112.2 mW.

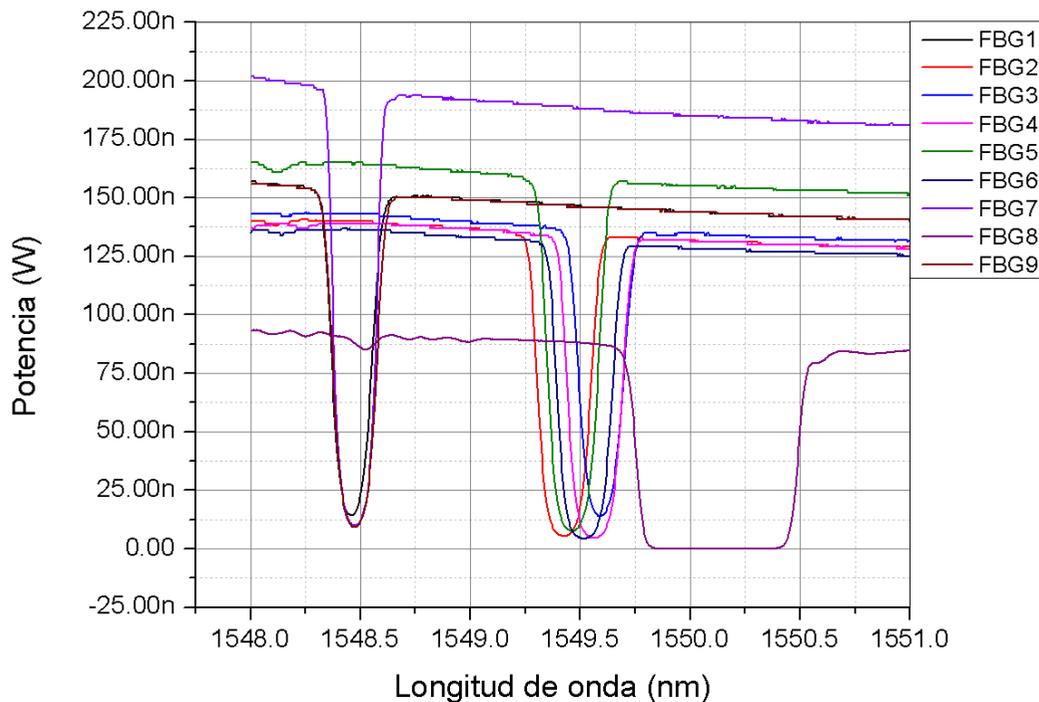


Figura 7. Reflexión de la luz de 1548-1551 nm, con potencia de bombeo de 112.2 mW.

Tabla III.

112.2 mW				
REJILLA	λ_B (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	R (%)	T (%)
FBG1	1548.458	0.101	98.000	2.000
FBG2	1549.425	0.109	98.400	1.503
FBG3	1549.590	0.111	98.510	1.481
FBG4	1549.564	0.113	98.507	1.493
FBG5	1549.466	0.113	98.740	1.258
FBG6	1549.511	0.116	98.470	1.527
FBG7	1548.473	0.101	97.959	2.041
FBG8	1550.115	0.611	94.110	5.889
FBG9	1548.473	0.0976	98.039	1.961

Tabla III. En esta tabla se presentan los principales parámetros obtenidos experimentalmente para las rejillas de Bragg para una potencia de bombeo de 112.2 mW.

5. Conclusiones.

En este trabajo se presentaron los resultados de las rejillas de Bragg caracterizadas después de someterlas de diferentes potencias de bombeo suministrado por un diodo semiconductor de 980 nm; los resultados indican que por lo menos una de las nueve rejillas caracterizadas tienen una longitud de onda de Bragg en la región de 1548, 1549 y 1550 nm, un coeficiente de reflexión alrededor de 98% excepto la FBG8 y un coeficiente de transmisión bajo, se pudo determinar experimentalmente que de las rejillas caracterizadas solo una de ellas es diferente a las demás, la



cual es la rejilla denominada FBG8 ya que tiene una ancho espectral aproximadamente cinco veces mayor a las demás rejillas caracterizadas y el coeficiente de reflexión menor.

6. Referencias.

- [1].- A. Ping ZHANG, Shaorui GAO, Guofeng YAN and Yinbing BAI. *Advances in Optical Fiber Bragg Grating Sensor Technologies*, Photonic Sensors (2012) Vol. 2, No. 1: 1-13
- [2].- Y. Liu, K.S. Chiang and P.L. Chu. *Interrogation of fiber Bragg grating displacement/bending sensors using dual-wavelength pulses generated from a self-seeded Fabry-Perot laser diode*, Optical Engineering, 2005 Vol. 44, No. 11, pp 114401-1.
- [3].- Raman Kashyap. *Fiber Bragg Gratings*, Second Edition, USA. Academic Press (2009) pp. 409-410.
- [4].- R.A. Vázquez-Sánchez, E.A. Kuzin, C.M. García-Lara, M. May-Alarcón, J.L. Camas-Anzueto, G.C. Reghini, S.V. Miridonov. *Radio-frequency interrogation of fiber Bragg grating sensor in the configuration of fiber laser with external cavities*, Optik 121 (2010) pp. 2040-2043.



CARACTERIZACIÓN EN POTENCIA DE UN LÁSER DE FIBRA DOPADA CON ERBIO CUYA CAVIDAD ES FORMADA CON DOS REJILLAS DE BRAGG Y UNA DE ELLAS ES SOMETIDA A CAMBIOS DE TEMPERATURA.

Manuel May Alarcón, Walter Ariel Silva Martínez, Miguel Augusto García González, Víctor Golikov, Olga Lebedeva, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez, José Alonso Pérez Cruz, Francisco Méndez Martínez.

Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)

mmay@pampano.unacar.mx, walter_silva_m@hotmail.com

Resumen:

Se presenta la construcción y caracterización de un láser de fibra óptica dopada con erbio cuya cavidad es formada por dos rejillas de Bragg de fibra óptica y donde una de ellas es sometida a cambios de temperatura. El parámetro a caracterizar fue la potencia óptica de la emisión láser. Los elementos con los que fue construido el sistema fueron: un diodo láser de 980 nm como fuente de bombeo, dos metros de fibra óptica dopada con erbio como medio amplificador; dos rejillas de Bragg de fibra óptica como cavidad resonante, para unir los elementos se utilizó fibra óptica estándar y un multiplexor por división de longitud de onda. La metodología utilizada consistió en calentar una de las rejillas de Bragg (FBG1) para provocar un desplazamiento de su longitud de onda de trabajo (longitud de onda de Bragg), hasta alcanzar la longitud de onda de Bragg de la segunda rejilla (FBG2) para crear una cavidad resonante, logrando el efecto láser. Se presentan resultados de la potencia de luz emitida a 1549.4 nm cuando una de las rejillas de Bragg fue calentada hasta alcanzar la longitud de onda de la otra rejilla de Bragg.

ABSTRACT:

In this paper we show the construction and characterization of an erbium doped fiber laser. The optical power of the laser emission was the main parameter to characterize. The elements that built the system were: a 980 nm laser diode as pump source, erbium doped fiber as an amplifier medium, two fibers Bragg gratings as optical resonant cavity, to join the elements at standard optical fiber an wavelength division multiplexer was used. The methodology consisted of heating one of the Fiber Bragg Gratings (FBG2) to produce a displacement of the working wavelength (Bragg wavelength) to reach the Bragg wavelength of the other Fiber Bragg Grating (FBG1) in order to create a resonant cavity, achieving lasing. Characterized the output power at the laser emission FBG2 against the power spectrum of reflection, to this changes in pumping power was produced. The main results are shown when the output optical power at 1549.4 nm is generated for heating the FBG2.

1. INTRODUCCIÓN.

El láser de fibra dopada con erbio (EDFL, por sus siglas en inglés), tiene muchas ventajas: una estructura simple, alta potencia de salida, bajo umbral, y una longitud de onda en la región de 1550 nm [1]. Se ha mostrado un gran interés para sus aplicaciones en sistemas de comunicación por fibra óptica [2], espectroscopia de alta resolución, la medición de componentes pasivos, redes de sensores de fibra, y multiplexado por división de longitud de onda (WDM) [3.] Un láser se basa



en el principio la amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. Cuando un átomo absorbe energía salta de un nivel fundamental a otro estado denominado excitado. De manera natural, los átomos tienden a volver al estado fundamental y durante este proceso transfieren la energía a otros átomos en una colisión a través de la emisión de un fotón con una longitud de onda determinada. En general, esta emisión de fotones puede ser espontánea cuando la absorción no está controlada y la emisión es aleatoria, o estimulada cuando el fotón emitido tiene las mismas características que la onda de luz que interactuó con el átomo. Para asegurar la amplificación de la luz, es necesario contar con la inversión de población de átomos de un nivel inferior a otro superior. El proceso de inversión de población se conoce como bombeo del medio activo [4] los fotones emitidos por emisión estimulada se retroalimentan en la cavidad resonante donde finalmente se produce la emisión láser.

En este trabajo se presenta la caracterización de la potencia de un sistema laser de fibra óptica, de igual manera se identifica la longitud de onda de trabajo (longitud de onda de Bragg λ_B) [5] de las rejillas de Bragg de fibra (FBG, por sus siglas en ingles). La emisión láser está en la región de los 1550 nm la cual es una de las regiones que interesa en el área de telecomunicaciones [6]. Para esto se obtendrán experimentalmente los espectros de reflexión y transmisión de ambas rejillas, para determinar su λ_B [7], también se determinará la λ_B a la cual el efecto láser produce una mejor ganancia y a que temperatura se logra esta.

2. ARREGLO EXPERIMENTAL.

El arreglo experimental propuesto consta de un diodo láser a 980 nm como fuente de bombeo óptico, un multiplexor por división de longitud de onda, EDF como medio amplificador, las rejillas de Bragg de fibra óptica que forman la cavidad resonante cuando sus λ_B coinciden: La FBG que se encuentra conectada a la EDF fue denominada FBG1, la FBG que se encuentra unida al multiplexor por división de onda con una fibra óptica estándar SMF 28 se denominó FBG2. El arreglo se muestra en la figura 1. La metodología utilizada consiste en calentar la FBG1 para provocar un desplazamiento de su λ_{B1} hasta alcanzar la λ_{B2} de la FBG2 y de esta manera crear una cavidad resonante, para producir el efecto láser. Se caracteriza la potencia de salida en la FBG2 contra la longitud de onda a diferentes potencias de bombeo a temperatura ambiente y a $T=105$ °C. Para el cálculo de la temperatura a la cual se alcanzo la emisión láser se utiliza la siguiente ecuación:

$$Sensibilidad = \frac{\Delta\lambda}{\Delta T} \quad (1)$$

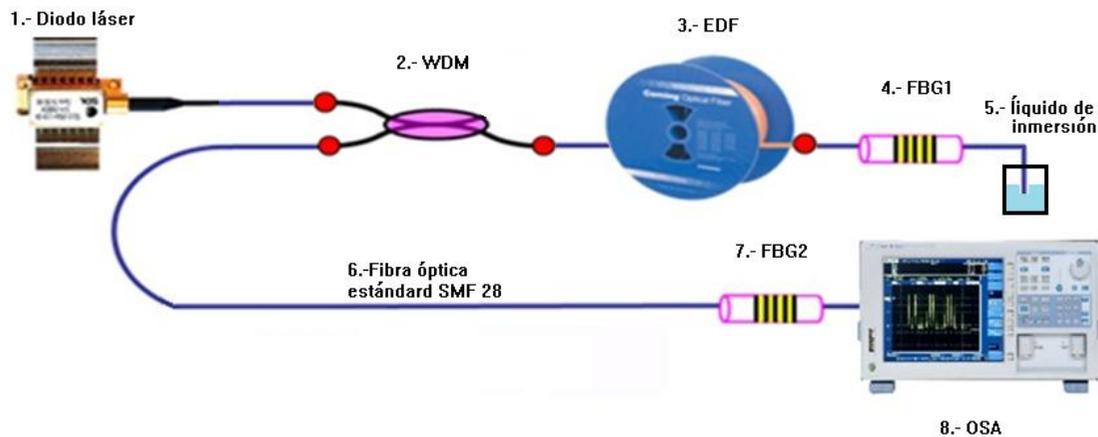


Figura 1. Arreglo experimental del láser de fibra óptica 1.- Diodo láser a 980 nm. 2.- Multiplexor por división de onda. 3.- Fibra dopada con erbio. 4.- FBG1. 5.- FBG2. 6.- Fibra óptica estándar SMF-28. 7.- Analizador de espectros óptico. 8. Líquido de inmersión. En trabajos anteriores se determinó que la sensibilidad de las rejillas de Bragg es de $12.5 \text{ pm}/^\circ\text{C}$ [8]. Por último se realizan las mediciones con diferentes longitudes de EDF para observar su efecto en la ganancia. Se utiliza un analizador de espectros ópticos YOKOGAWA AQ7360C con 0.1 nm de resolución, para visualizar los espectros de transmisión, reflexión de la emisión láser, se conecta el instrumento a la salida del sistema que se encuentra en la FBG2.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

A temperatura ambiente de 27°C (ver figura 2.) la FBG1 presenta una λ_{B1} de 1548.44 nm , la FBG2 presenta una λ_{B2} de 1549.42 nm . La λ_B a la cual se presenta la emisión laser está en 1549.42 nm y su espectro se muestra en la figura 3, la cual es un acercamiento de la figura 2.

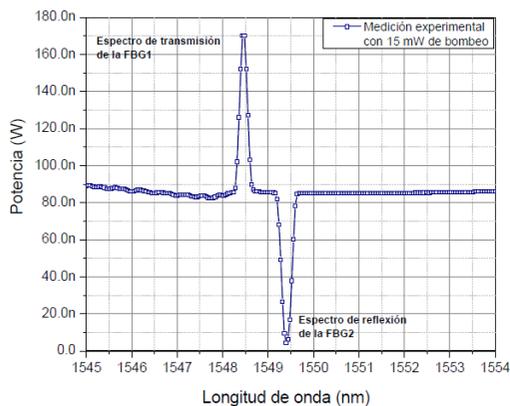


Figura 2. Espectros de transmisión y reflexión de las FBGs a 27°C medidos a la salida de la FBG2.

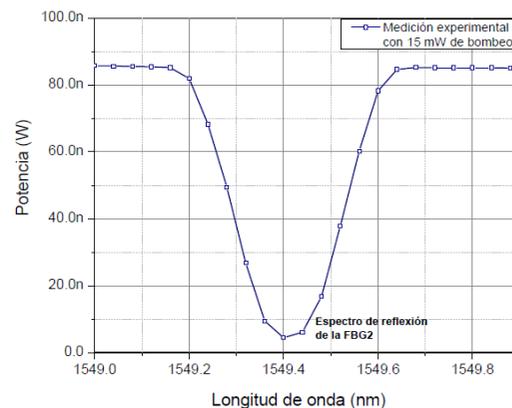


Figura 3. Longitud de onda de Bragg de la FBG2 1549.44 a temperatura ambiente de 27°C a la salida de la FBG2.



La emisión láser se encuentra centrada en la λ_B de la FBG2, para determinar la temperatura necesaria para producirla se utiliza la ecuación 1, para esto podemos definir una λ_B final de 1549.42 y una λ_B inicial de 1548.44 la cual es la longitud de Bragg de la FBG1, de esta forma $\Delta\lambda = 1549.42 - 1548.44 = 0.98nm$, con una temperatura inicial de 27 °C y una sensibilidad de 12.5pm/°C se despeja de la ecuación 1 para tener la temperatura final.

$$12.5\text{pm}/^\circ\text{C} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta T} = \frac{\lambda_{final} - \lambda_{inicial}}{T_{final} - T_{inicial}} = \frac{1549.42nm - 1548.44nm}{T_{final} - 27^\circ\text{C}} \quad (2)$$

$$T_{final} = 105.4^\circ\text{C}$$

donde T_{final} es la temperatura final a la cual se encontró la emisión láser en la longitud de 1549.42 nm y se denominó T_1 y es igual a 105.4 °C. Se observa en la figura 4, que a temperaturas cercanas a 105.4 °C se produce una variación en la potencia de la emisión láser, para determinar la temperatura alcanzada para producir la emisión láser en la longitud de 1549.3 y 1549.5 se aplica la misma fórmula sustituyendo la λ_B final por 1549.3 y 1549.5 y denominándolas T_2 y T_3 respectivamente, obteniendo: $T_2 = 95.8^\circ\text{C}$ y $T_3 = 111.1^\circ\text{C}$

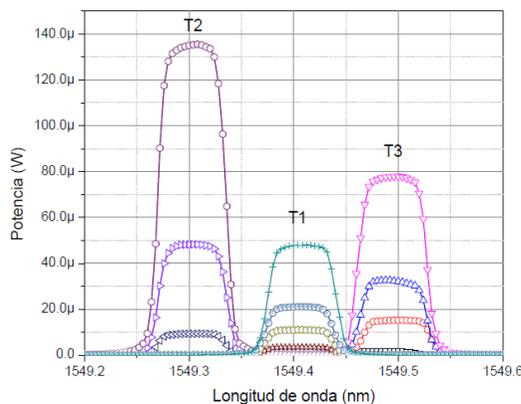


Figura 4. Emisión láser a la salida de la FBG2 con diferentes temperaturas.

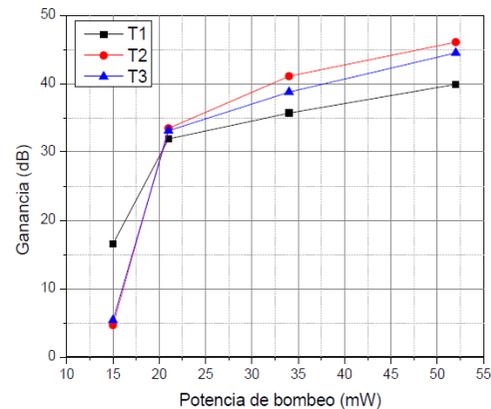


Figura 5. Ganancia de láser a la salida de la FBG2 para $T_1 = 105.4^\circ\text{C}$, $T_2 = 95.8^\circ\text{C}$ y $T_3 = 111.1^\circ\text{C}$

En la figura 5 podemos ver la ganancia de la emisión láser comparado con la potencia de bombeo para las tres emisiones a diferente temperatura. La longitud de onda que presentó mayor potencia de la emisión láser fue en la longitud de onda 1549.3 nm y la potencia de salida medida a la salida de la FBG2 para la emisión láser fue de 138 μW. Los resultados de la comparación de la potencia de la emisión láser usando 3 diferentes longitudes de EDF (2m, 3m, y 4m.) a una potencia de bombeo de 10 mW a 52 mW indican que con una longitud de EDF mayor a 2 m, la ganancia disminuye, encontrándose su mínima longitud en 4 m como se muestra en la figura 6. Por último se comparó la ganancia de la emisión láser entre el arreglo experimental utilizando 2 m, 3 m y 4 m de EDF encontrando una ganancia mayor utilizando 2 m, como lo muestra la figura 7.

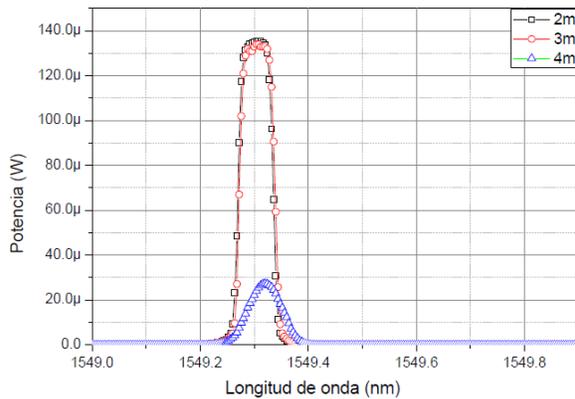
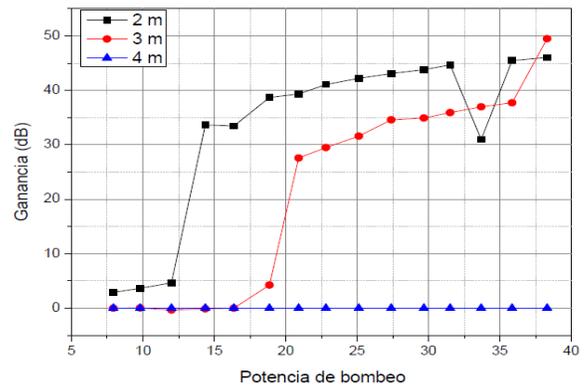


Figura 6. Emisión láser a la salida de la FBG2 Utilizando diferentes longitudes de EDF Con 52 mW de bombeo.



Fig

Figura 7. Ganancia de láser a la salida de la FBG2 en la longitud de 1549.304 nm para tres longitudes de EDF.

4. CONCLUSIONES.

Se determinó experimentalmente que la λ_B donde se produce una mayor emisión láser no se encuentra en el centro del espectro de reflexión de la FBG2, se encuentra en una longitud de onda menor, así mismo se determinó que la longitud de onda optima para encontrar una mayor ganancia es 1549.3 nm y es necesario calentar la FBG1 hasta los 95.8 °C para lograr un desplazamiento de su λ_B de 0.98 nm y lograr la mayor ganancia de láser. Respecto a la longitud optima de EDF para encontrar una ganancia adecuada, se determinó que esta fue de 2m de EDF.

AGRADECIMIENTOS.

Walter Ariel Silva Martínez fue apoyado por la beca CONACyT número 256855.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] A. Kellou, H. Ladjouze, F. Sanchez, G. Stephan. Stability Analysis of Erbium-doped Fibre Laser Dynamics with Spontaneous Emission. Optical and Quantum Electronics 27 (1995) 741-746
- [2] A. Escuer, S. Jarabo, J.M. Álvarez. Experimental Validation of the Improved Analytical Model for Erbium-doped Fibre Lasers based on the Energy Conservation Principle. Appl. Phys. B 81, 831–840 (2005).
- [3] C. H. Yeha, C. W. Chowb. Single-Longitudinal-Mode-Erbium Doped Fiber Laser with Novel Scheme Utilizing Fiber Bragg Grating inside Ring Cavity. Laser Physics, 2010, Vol. 20, No. 2, pp. 512–515. ISSN 1054-660X,
- [4] S. Yan, S. Shibao, X. Shun, M. Zhang. Studies on Instantaneous Characteristics of Er-doped Fiber Laser. International journal of infrared and millimeter waves, vol. 21 No. 12, 2000.
- [5] D. Chen, H. Fu, and W. Liu Single-Longitudinal-Mode Erbium-Doped Fiber Laser Based on a Fiber Bragg Grating Fabry–Perot Filter. Laser Physics, 2007, Vol. 17, No. 10, pp. 1246–1248. ISSN 1054-660X.
- [6] S. D. Jackson. High Power Diode-Pumped Triply Doped Fibre Laser. Appl. Phys. B 78, 269–272 (2004)



- [7] Raman Kashyap, (2009) Fiber Bragg Gratings, Second Edition, USA, Academic Press (2009) pp. 444-445.
- [8] M May-Alarcón, W. A. Silva-Martínez, J. A. Cobá-Ramos, F. Méndez-Martínez, R. A. Vázquez-Sánchez, H. H. Cerecedo-Núñez. Caracterización de la Sensibilidad de rejillas de Bragg por medio de Variaciones de Temperatura. AMCA 2012.



ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE DIVISORES ÓPTICOS PARA APLICACIONES FTTH USANDO EL MÉTODO SPPS

Irina Crespo Huitrón, Raúl Castillo Pérez
Instituto Politécnico Nacional. ESIME Zacatenco, Av. IPN s/n,
Col. Lindavista, México D.F., C.P. 07738
irinacrespo@hotmail.com, rcastillo@ipn.mx

Resumen

El progresivo despliegue de la arquitectura de FTTH (fiber to the home, fibra óptica hasta el hogar) hace a los divisores ópticos (splitters) componentes necesario para este tipo de red. Los splitters son dispositivos que permiten dividir una señal óptica de entrada en N ramas de salida con mínimas pérdidas. Aquí se determinan la reflectancia y la transmitancia a través del análisis del perfil del índice de refracción de un dispositivo basado en una capa no homogénea buscando obtener aproximaciones para algunos de los splitters más comunes comercialmente. Se optimizan los valores de los parámetros para longitudes de onda específicas y para distintas combinaciones de porcentaje de potencia en sus puertos de salida (considerando un splitter básico con un puerto de entrada y dos de salida). Todo esto se hace con la ayuda del método SPPS (Spectral Parameter Power Series), desarrollado recientemente y basado en la teoría de funciones pseudoanalíticas.

Abstract

The progressive deployment of the FTTH (Fiber to the Home) architecture makes optical splitters mandatory components for this kind of network. Splitters are devices that allow to divide an input optical signal into N output branches with minimum losses. Here reflectance and transmittance are determined through the analysis of a refractive index profile of a device based on an inhomogeneous layer trying to obtain approaches for some of the most common splitters commercially available. The values of the parameters are optimized for specific wavelengths and for different combinations of the power percentage at their output ports (considering a basic splitter with one input port and two output ports). All this is achieved with the help of the SPPS (Spectral Parameter Power Series) method, recently developed and based in the theory of pseudoanalytic functions.

1. INTRODUCCIÓN

La red de acceso FTTH se basa en la Red Óptica Pasiva (Passive Optical Network, PON), la cual consta de tres componentes principales: una Terminal de Línea Óptica (Optical Line Terminal, OLT), un divisor óptico y una Unidad de Red Óptica (Optical Network Unit, ONU). Las redes ópticas



pasivas no tienen componentes activos entre el servidor y el cliente. En su lugar se encuentran dispositivos tales como divisores ópticos pasivos o splitters [1].

Mediante el uso de fibra óptica, que tiene un gran ancho de banda, la red FTTH es capaz de transmitir datos con una mayor capacidad en comparación con la tecnología basada en cables de cobre [2]. La red FTTH juega un papel importante en la reducción y la solución del problema de los cuellos de botella del acceso final que se presentan en las redes de acceso de banda ancha y más específicamente en la red de acceso óptica [3]. Hoy en día, la red FTTH es reconocida como la solución más reciente para varios tipos de servicios de comunicación y multimedia, incluyendo teléfono, acceso a Internet de alta velocidad, televisión digital por cable (CATV) y video [4].

Un divisor óptico determina el tamaño de la red dependiendo de los usuarios que cubre. Por tal motivo se necesita tener dispositivos de alto rendimiento que minimicen problemas tales como la pérdida de potencia de salida.

En este trabajo se busca desarrollar perfiles de índice de refracción para una capa no homogénea que permitan caracterizar el rendimiento del divisor óptico especificando parámetros tales como su ancho de banda, longitud de onda central, capacidad para permitir el paso de un determinado porcentaje de potencia y con ciertos niveles de pérdidas, etcétera.

2. LOS DIVISORES ÓPTICOS EN FTTH

La tecnología de telecomunicaciones FTTH se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos. Esta tecnología se utiliza para la distribución de servicios avanzados tales como: VOIP (Voz Sobre IP), HDTV (Televisión Digital de Alta Definición), VOD (Video Sobre Demanda), Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red y videollamadas [5].

La red de acceso entre el usuario y el último nodo de distribución puede realizarse con una PON o una GPON (Gigabit Passive Optical Network), descritas por el estándar G.984.x de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sección comunicaciones).

La red de GPON consta de una OLT, ubicada en las dependencias del operador, y las ONT (Optical Network Terminal) que son básicamente cualquier dispositivo que convierte señales ópticas a eléctricas, situadas en el domicilio del usuario (y también llamadas ONU) para FTTH.

Para conectar la OLT con la ONT se emplea un cable de fibra óptica y splitters para subdividir las longitudes de onda de la señal óptica por distintas rutas físicas. Esta arquitectura se define como un sistema que no tiene elementos electrónicos activos y cuyo elemento principal es el splitter. Éste, dependiendo de la dirección del haz de luz, divide el haz entrante y lo distribuye hacia



múltiples fibras. Así, por ejemplo, mediante un splitter óptico, una señal de video se puede transmitir desde una fuente a múltiples usuarios [6].

La capacidad de los splitters permitiría a una xgpon de 10 gbps proveer una tasa de datos descendente de 50 mbps a 200 usuarios, por lo que estos dispositivos son ampliamente apreciados para la instalación de redes de alta capacidad [7].

Comercialmente existen splitters que utilizan 850, 980, 1310, 1480, 1550 y 1580 nm como longitudes de onda centrales con anchos espectrales de ± 20 ó ± 40 nm. Otros ocupan rangos más amplios de longitudes de onda como: 1260-1650 ó 600-1650 nm.

Otra de sus características fundamentales es la razón de acoplamiento, la cual determina qué porcentaje de la potencia entrante se dirigirá a cada uno de sus puertos de salida. Algunas de las razones de acoplamiento más usadas son: 1/99, 5/95, 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 y 50/50.

3. CURVAS DE REFLECTANCIA Y TRANSMITANCIA

Si se hace pasar luz con un espectro de frecuencias amplio por un material, fenómenos tales como las transiciones electrónicas o vibraciones del material y de impurezas, dopantes, defectos o centros de color, etcétera, actúan de distinta manera sobre las diferentes longitudes de onda que componen al haz, ya sea dejándolas pasar, reflejándolas o absorbiéndolas. Una gráfica donde se representan las distintas longitudes de onda contra los valores porcentuales de transmisión o reflexión de energía por parte de un medio o dispositivo es lo que se conoce como sus curvas de transmitancia y reflectancia. Hay varias maneras para determinar estas curvas para un dispositivo óptico. Los diversos métodos para obtenerlas se basan en diferentes principios físicos [8]. Por ejemplo, en medios compuestos por capas delgadas puede emplearse un espectrofotómetro de reflectividad para medir la luz reflejada.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran ejemplos de las curvas que idealmente se esperaría tener en algunos splitters y que permitirían mediante un arreglo simple obtener la luz reflejada y la transmitida como las señales en los puertos de salida de tales dispositivos.

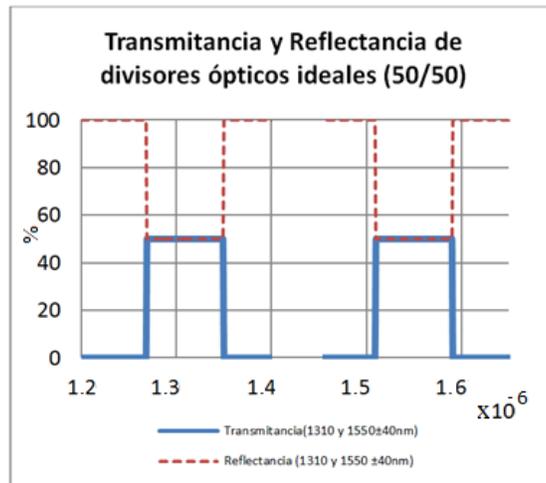


FIGURA 1. Transmitancia y reflectancia de dos splitters ideales 50/50 con longitudes de onda centrales de 1310 y 1550 nm, y con un ancho espectral de ± 40 nm.

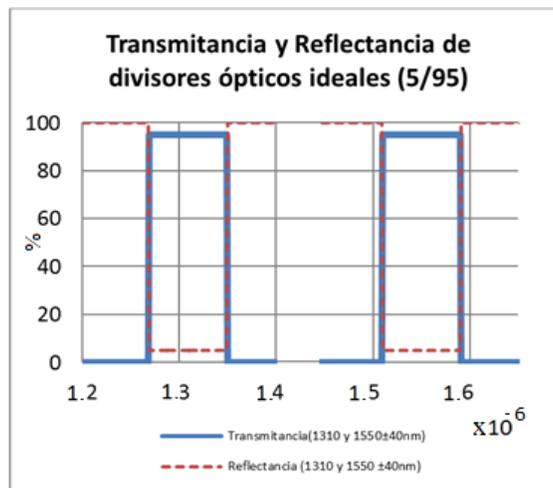


FIGURA 2. Transmitancia y reflectancia de dos splitters ideales 5/95 con longitudes de onda centrales de 1310 y 1550 nm, y con un ancho espectral de ± 40 nm.

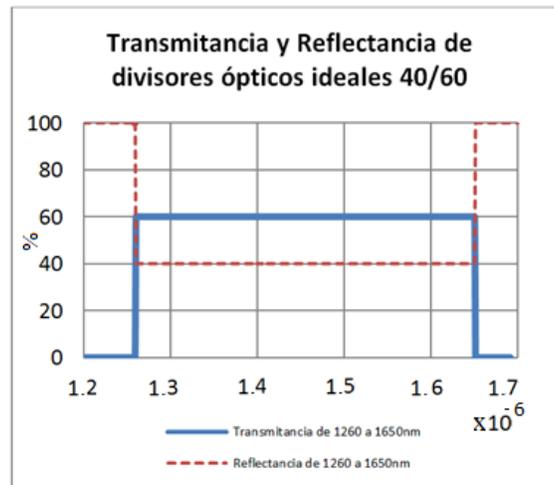


FIGURA 3. Transmitancia y reflectancia de un splitter ideal 40/60 con un rango de longitudes de onda entre 1260-1650 nm.

Existen métodos de fabricación de divisores ópticos pasivos basados en una capa no homogénea que tienen bajo costo de fabricación y un excelente rendimiento en comparación con la técnica convencional que utiliza un acoplador fundido para la fabricación del divisor óptico [4], y es por ello que aquí se propone el uso de tales capas.

El análisis matemático de la curva de reflectancia obtenida a partir de ciertos perfiles de índice de refracción puede desarrollarse utilizando múltiples modelos (ver, por ejemplo [9] y las referencias ahí citadas), cada cual con ventajas y desventajas inherentes al método de solución empleado.

El método que aquí se propone para calcular los coeficientes de reflectancia y transmitancia se denomina SPPS (Spectral Parameter Power Series, Series de Potencias de Parámetro Espectral) y se basa en los resultados obtenidos en [10, 11]. Su aplicación ya se ha considerado para el diseño de dispositivos ópticos en [12, 13, 14] y la esencia de su funcionamiento es la siguiente (ver [9]). Se considera una función escalar u la cual representa la componente correspondiente de una onda electromagnética linealmente polarizada que satisface la ecuación de Helmholtz (con incidencia normal por simplicidad)

$$u''(x) + [kn(x)]^2 u(x) = 0 \tag{1}$$

donde k es el número de onda del espacio vacío y $n(x)$ es el perfil de índice de refracción que tiene valores constantes n_1 y n_3 en las regiones $x < 0$ y $x > d$ y que es una función continua arbitraria en el intervalo $0 \leq x \leq d$. En la Figura 4 puede observarse una representación de un medio compuesto por una delgada capa no homogénea limitada por dos medios con índices de refracción constantes.

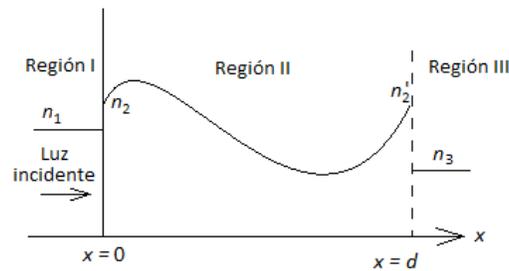


FIGURA 4. Representación geométrica del perfil de índice de refracción
Con una capa no homogénea rodeada por medios homogéneos.

Se considera en este trabajo un medio sin pérdidas. La solución u junto con su primera derivada deben ser continuas para toda x incluyendo los puntos $x = 0$ y $x = d$. Se supone que la onda incidente en la Región I tiene la forma e^{-ik_1x} , donde $k_1 = kn_1$, y junto con la onda reflejada la solución completa para $x < 0$ es la combinación

$$u(x) = e^{-ik_1x} + R e^{ik_1x}, \quad x < 0$$

donde la constante R es llamada coeficiente de reflexión y para la cual $|R| \leq 1$. La solución que corresponde a la onda transmitida en la Región III tiene la forma

$$u(x) = T e^{-ik_2x}, \quad x > d$$

donde T es el coeficiente de transmisión y $k_2 = kn_2$.

La solución general de (1) se propone como compuesta por dos soluciones linealmente independientes u_1 y u_2 en el intervalo $0 \leq x \leq d$ tal que

$$u_1(0) = 1, \quad u_1'(0) = 0 \tag{2}$$

y

$$u_2(0) = 0, \quad u_2'(0) = 1. \tag{3}$$



Tal solución tiene la forma

$$u(x) = c_1 u_1 + c_2 u_2, \quad 0 \leq x \leq d \quad (4)$$

donde c_1 y c_2 son constantes arbitrarias. De la condición de continuidad y de las condiciones iniciales, las expresiones para R y T [9] resultan

$$R = \frac{-k_1 k_2 u_2(d) - u_1'(d) - i k_2 u_1(d) + i k_1 u_2'(d)}{[u_1'(d) - k_1 k_2 u_2(d)] + i [k_2 u_1(d) + k_1 u_2'(d)]}$$

y

$$T = \frac{2i k_1 [u_1(d) u_2'(d) - u_1'(d) u_2(d) e^{i k_2 a}]}{[u_1'(d) - k_1 k_2 u_2(d)] + i [k_2 u_1(d) + k_1 u_2'(d)]}$$

Las soluciones u_1 y u_2 se calculan usando un resultado de [15]. Supóngase que q y u son funciones complejo-valuadas de una variable independiente real x en $[0, d]$. Suponga además que $q \in C[0, d]$. Introdúzcase el sistema auxiliar de funciones construidas de acuerdo con las siguientes fórmulas recursivas [16]

$$X^{(0)}(x) \equiv \mathcal{X}^{(0)}(x) \equiv 1$$

y para $m \in \mathbf{N}$,

$$X^{(m)}(x) = m \int_0^x X^{(m-1)}(\xi) d\xi \quad \text{para } m \text{ impar}$$

$$X^{(m)}(x) = m \int_0^x X^{(m-1)}(\xi) q(\xi) d\xi \quad \text{para } m \text{ par}$$



$$\hat{X}^{(m)}(x) = m \int_0^x \hat{X}^{(m-1)}(\xi) q(\xi) d\xi \quad \text{para } m \text{ impar}$$

$$\hat{X}^{(m)}(x) = m \int_0^x \hat{X}^{(m-1)}(\xi) d\xi \quad \text{para } m \text{ par.}$$

Así la solución u_1 que satisface (1) en el intervalo $0 \leq x \leq d$ y la condición (2) tiene la forma

$$u_1(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\hat{X}^{(2m)}(x)}{2m!},$$

y la solución u_2 que satisface la condición (3) tiene la forma

$$u_2(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\hat{X}^{(2m+1)}(x)}{(2m+1)!}.$$

Ambas series convergen uniformemente en $[0, d]$. Así, a partir de estas soluciones, se cuenta con toda la información necesaria para calcular r y t .

4. PROPUESTAS DE DIVISORES ÓPTICOS

Con la ayuda de Matlab es posible calcular las propiedades de una capa no homogénea de varios perfiles de índice de refracción. Entre otros, los más comunes incluyen perfiles exponenciales, lineales, hiperbólicos y sinusoidales (ver, por ejemplo [17]). Estos últimos merecen particular atención por su utilidad para el diseño de dispositivos ópticos. Estos perfiles tienen una forma como la siguiente

$$n(x) = n_2 + n_4 \text{sen}(Kx), \quad 0 \leq x \leq d$$



donde n_2 y n_4 son constantes reales que representan el índice de refracción promedio del medio y la amplitud de la modulación sinusoidal del índice respectivamente.

La constante n_2 es el índice de refracción promedio del medio, n_4 puede ser visto como la profundidad del índice de modulación sinusoidal y que igual que k está relacionado con el periodo del índice de refracción Λ por $K = 2\pi/\Lambda$. La profundidad de modulación con frecuencia es mucho más pequeña que el índice promedio ($n_4 \ll n_2$). Con base en este perfil en [17] se detalla un ejemplo de cómo puede diseñarse un reflector de Bragg. Con tal información se procedió a realizar pruebas con perfiles similares al descrito para calcular curvas de reflectancia cercanas a las correspondientes a splitters ideales para algunos de los valores comerciales ya mencionados. En las Figuras 5-10 se muestran algunas de las curvas obtenidas utilizando el método SPPS y se mencionan los valores de los parámetros n_2 , n_4 , K y d utilizados para obtenerlas.

Cabe mencionar que el ancho espectral de las curvas se calculó con base a un valor 10% más bajo con respecto al valor máximo, siendo el valor que se reporta para las razones de acoplamiento el correspondiente a 5% por debajo de dicho valor máximo. De esta manera, para los splitters que se obtuvieron, el valor de la potencia en cada puerto de salida, corresponderá al porcentaje señalado con un margen de $\pm 5\%$ para el ancho de banda señalado en la longitud de onda central específica.

Debe señalarse que el método SPPS tuvo problemas para manipular la capa no homogénea con el ancho original d que devolvía el análisis para el diseño. Por tal motivo se hicieron pruebas donde se estudiaba sólo una fracción de todo ese rango disminuyendo la magnitud del medio y sus oscilaciones, y después los resultados permitieron resolver el problema para la longitud completa. En el límite se encontró que los mejores resultados se obtenían al estudiar un solo periodo de oscilación del perfil de índice de refracción.

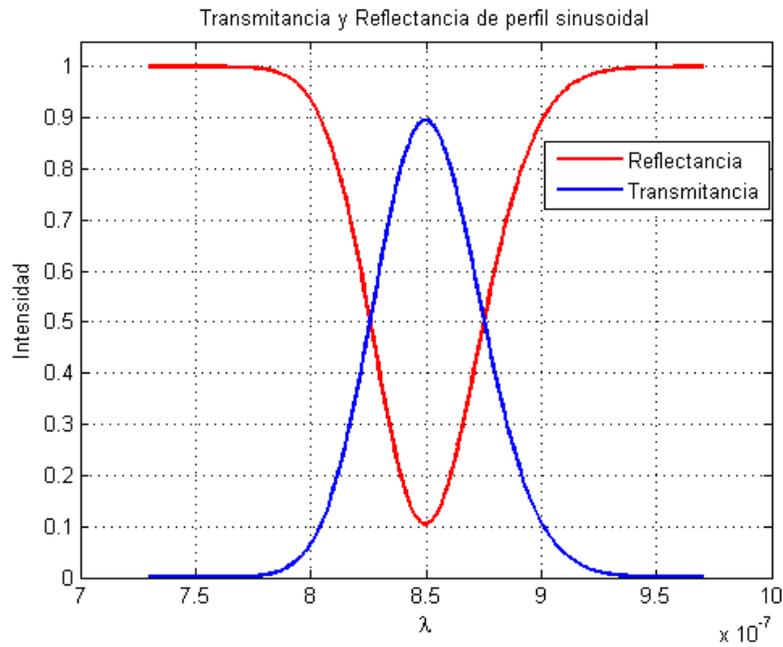


FIGURA 5. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 850 nm y con un ancho espectral de ± 10 nm. Se usó $n_2 = 2.3$, $n_4 = 0.02$, $k = 6.75 \times 10^6$ y $d = 184$ nm.

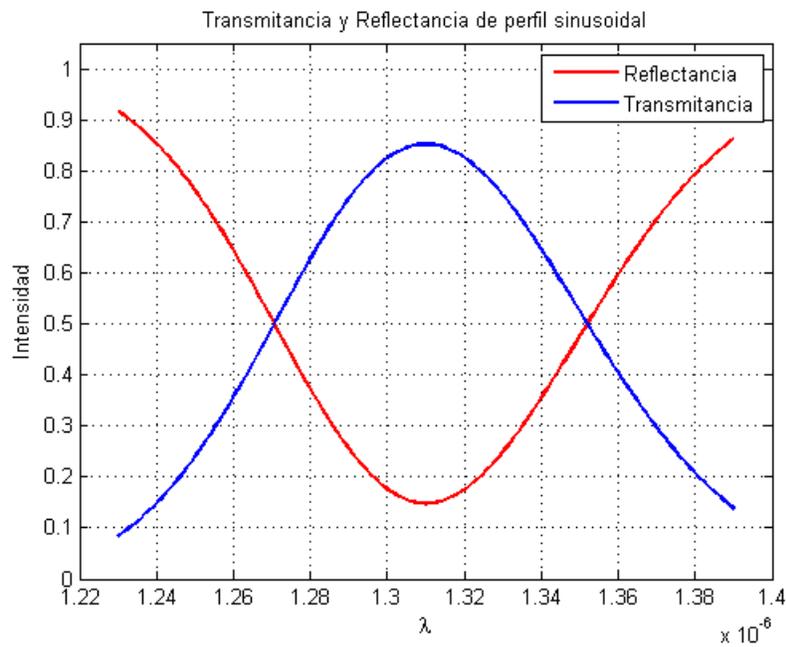


FIGURA 6. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 1310 nm y con un ancho espectral de ± 20 nm. Se usó $n_2 = 1.25$, $n_4 = 0.009$, $k = 4.52 \times 10^6$ y $d = 524$ nm.

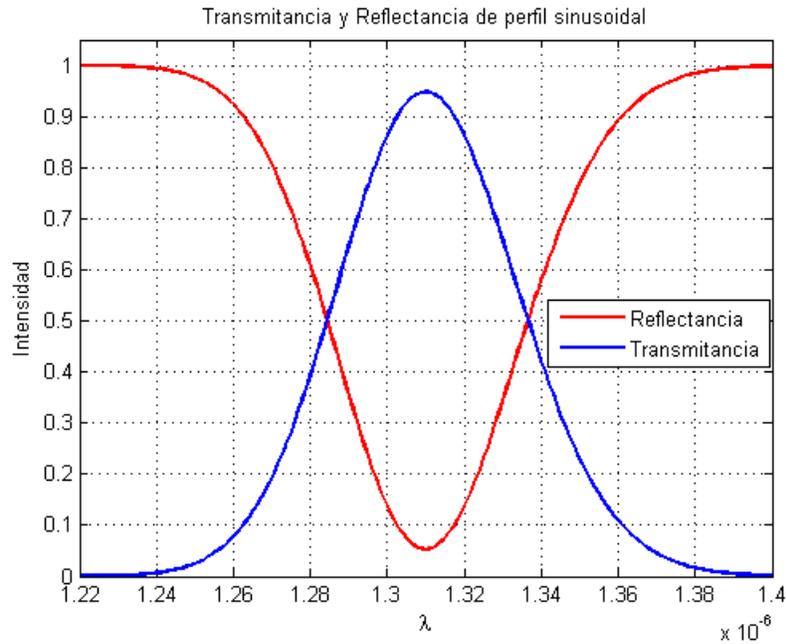


FIGURA 7. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 1310 nm y con un ancho espectral de ± 10 nm. Se usó $n_2 = 2.4$, $n_4 = 0.027$, $k = 4.39 \times 10^6$ y $d = 272$ nm.

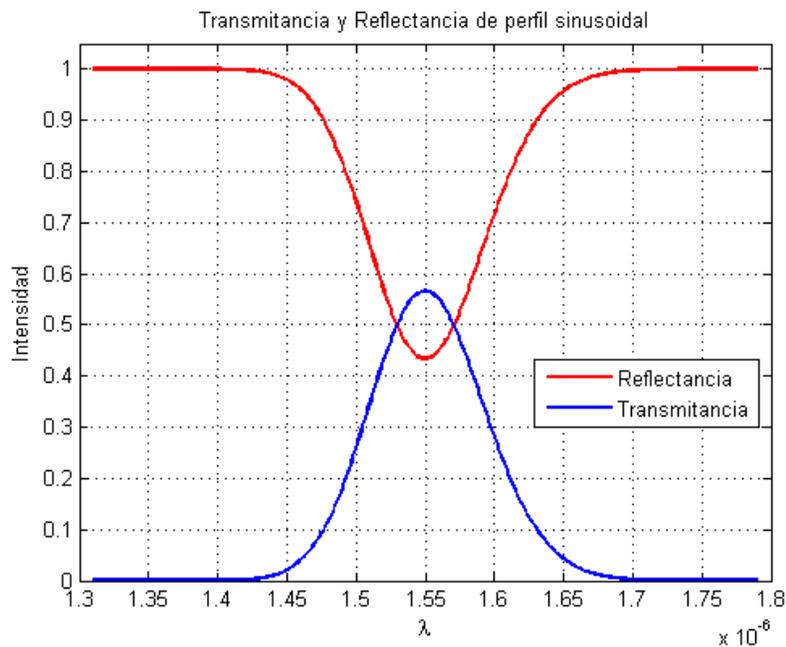


FIGURA 8. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 1550 nm y con un ancho espectral de ± 20 nm. Se usó $n_2 = 1.4$, $n_4 = 0.02$, $k = 3.51 \times 10^6$ y $d = 553$ nm.

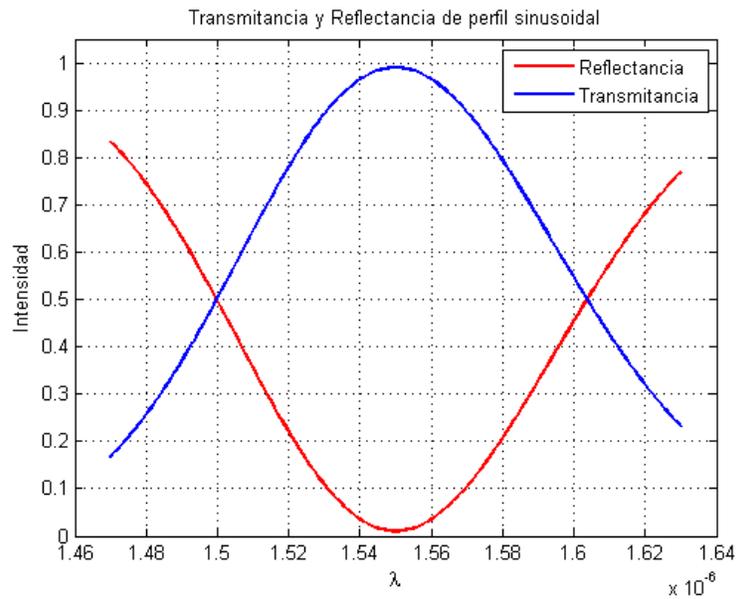


FIGURA 9. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 1550 nm y con un ancho espectral de ± 20 nm. Se usó $n_2 = 2.05$, $n_4 = 0.013$, $k = 3.85 \times 10^6$ y $d = 378$ nm.

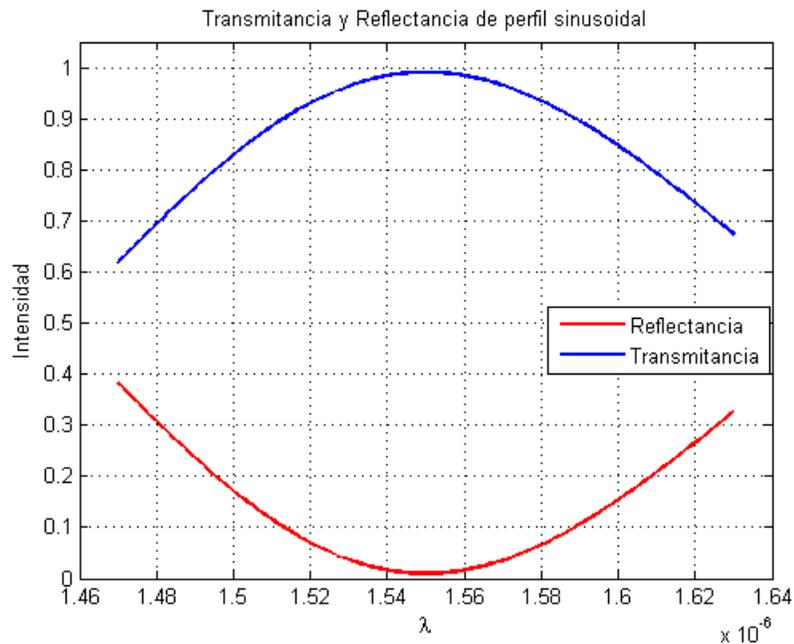


FIGURA 10. Curvas de reflectancia y transmitancia con una longitud de onda central de 1550 nm y con un ancho espectral de ± 40 nm. Se usó $n_2 = 1.5$, $n_4 = 0.009$, $k = 3.85 \times 10^6$ y $d = 516$ nm.



Las curvas mostradas en la figura 5 podrían asumirse como cercanas a un splitter 15/85 de ± 10 nm para uso en la primer ventana óptica.

En la Figura 6 se muestran las curvas que se considerarán como un splitter de 20/80 de ± 20 nm para uso en segunda ventana óptica.

La Figura 7 muestra las curvas correspondientes a un splitter con una razón de acoplamiento 10/90 y con un ancho espectral de ± 10 nm.

En la Figura 8 se muestran las curvas correspondientes a un splitter con una razón de acoplamiento 50/50 y con un ancho espectral de ± 20 nm.

Las Figuras 9 y 10 muestran las curvas correspondientes a divisores ópticos con una razón de acoplamiento 5/95 y anchos espectrales de ± 20 nm y ± 40 nm respectivamente.

Los tiempos de cómputo empleados para cada uno de estos ejemplos también fueron evaluados. Aunque están en términos del rango de longitudes de onda total analizado, los tiempos eran en general de fracciones de minutos y en el peor caso se tuvo una duración de dos minutos.

5. CONCLUSIONES

Existen muchas aplicaciones en las comunicaciones ópticas donde surgen medios conformados por capas no homogéneas y para los cuales el método SPPS se considera de gran utilidad.

Su notable precisión, eficiencia, facilidad de implementación y tiempo de cómputo lo convierten en una útil herramienta para el cálculo de los coeficientes de reflectancia y transmitancia y del cambio de fase, teniendo como principal ventaja sobre otros métodos su capacidad de lidiar con perfiles casi completamente arbitrarios.

En las propuestas presentadas para la caracterización de medios compuestos por una delgada capa no homogénea que permitiera aproximar un splitter, se aprovechó la facilidad con que pueden



realizarse los cambios en los parámetros considerados para evaluar múltiples perfiles y elegir los más cercanos a dispositivos comerciales. Si bien se requiere de aún más pruebas para aplanar las crestas las curvas y ajustar las longitudes de onda de corte, creemos que es posible obtener excelentes aproximaciones de divisores usando este método.

Particularmente aquí se propone el uso del método SPPS para el diseño y análisis de divisores ópticos, pero igualmente puede ser utilizado para el desarrollo de filtros ópticos, láseres basados en rejillas de Bragg, compensadores de dispersión, guías de onda, sensores, etcétera.

AGRADECIMIENTOS

Investigación apoyada por los programas SIBE y EDI del IPN, y el proyecto SIP 20131803.

REFERENCIAS

- [1] *Estándares ITU-G 983.5 e ITU-G 983.6* <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200501-l/es>
- [2] G. Keiser, *Optical fiber communication*, (McGraw Hill, Nueva York), 602, (2000).
- [3] C. H. Yeh, y S. Chi, *Opt. Express*. **13**, 14, 5494-5498, (2005).
- [4] M. SyuhaimiAb-Rahman, International Conference on Computer Technology and Development, "2x3 Optical Moderator Based on Planar Waveguide Device for FTTH Application". 116-119, (2009).
- [5] P. Soo-Jin, L. Chang-Hee, J. Ki-Tae, P. Hyung-Jin, A. Jeong-Gyun y S. Kil-Ho, *J. Technol. Light.*, **22**, 11, 2582-2591, (2004).
- [6] S. Jeong-Hwan, *IEEE Photonic. Tech. L.*, **17**, 8, 1668-1670, (2005).
- [7] D. Hood y E. Trojer, *Gigabit-Capable Passive Optical Networks*, (Wiley, Nueva Jersey), 431, (2011).
- [8] K. K. Das, M. Arif, A. F. M. Yusuf-Haider y M. S. Alam, *National Aerospace and Electronics Conference*, "An interferometric technique for measuring the refractive index profile of a graded index optical fiber", (IEEE), **2**, 111-1118, (1994).
- [9] R. Castillo-Pérez, K. V. Khmelnytskaya, V. V. Kravchenko y H. Oviedo-Galdeano, *J. Opt. A- Pure Appl. Op.*, **11**, 6, (2009).
- [10] V. V. Kravchenko, *Complex Var. Elliptic Equ.* **53**, 775-89, (2008).



- [11] V.V. Kravchenko y R. M. Porter. *Math. Methods Appl. Sci.* **33**, 4, 459-468, (2010).
- [12] R. Castillo-Pérez, International Conference on the Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering, IKM “*An application of formal power series for the development of optical filters*”, K. Gürlebeck y C. Könke (Bauhaus Universität, Weimar), 1-8, (2009).
- [13] R. Castillo-Pérez, 5º Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas, “*A Method for Reflectance and Transmittance Calculation for Inhomogeneous Media Proposed for Optical Communication Devices*”, (IPN, México D.F.), 1050-1055, (2008).
- [14] I. Crespo-Huitrón, R. Castillo-Pérez, IEEE ROC&C, “*Diseño de divisores ópticos para aplicaciones FTTH usando el método SPPS*”, (IEEE, Acapulco, Guerrero), 1-6 (2012).
- [15] H. Weyl, *Math. Ann.* **68**, 220–269, (1910).
- [16] V. V. Kravchenko, “On a general solution of the one-dimensional stationary Schrödinger equation”, disponible en arXiv:0708.2491v2, (2007).
- [17] P. Yeh, *Optical waves in layered media*. (Wiley-Interscience, Hoboken, Nueva Jersey), 406, (2005).



SISTEMA EMBEBIDO PARA MONITOREO GEO-REFERENCIADO EN TIEMPO REAL DE CONTENEDORES REFRIGERADOS MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS

José Ramón Atoche Enseñat, Freddy Antonio Ix Andrade, Julio César Cabrera Pérez, Giovanni Cervera Ferriol, Jorge Carlos Canto Esquivel, Margarita Álvarez Cervera
Instituto Tecnológico de Mérida
Km. 5 Antigua Carretera Mérida Progreso, CP 97118, Mérida, Yucatán, México.
Teléfono (9999) 44-81-13 Fax (9999) 44-81-81

jratoche@gmail.com, freddy.ix.andrade@gmail.com, cabrera.julio00@gmail.com,
aionerv@hotmail.com, malvares2002@yahoo.com,

1 RESUMEN

Este trabajo está enfocado en el transporte terrestre de carga de frío (cadena de frío), en el cual existe una creciente necesidad de rastrear, localizar y monitorear los vehículos y el estado de su carga. La función de dicho sistema se centra en el monitoreo de: humedad y temperatura mediante una red de sensores inalámbricos, así como también de posición mediante un GPS. El desarrollo presentado en esta tesis es un sistema que consta de 2 dispositivos:

- 1.-Modulo de comunicaciones
- 2.- Modulo del sensor

Módulo de comunicaciones: este sistema debe poder interactuar con un servidor web tanto para obtener parámetros de configuración, como para descargar los datos de posición (obtenidos del GPS), humedad y temperatura de la red sensorial ubicada en el contenedor. El sistema debe poder coordinar la red sensorial, a fin de auto-configurarse con el número de sensores presentes cada vez que inicia un recorrido el vehículo.

Modulo del sensor: este se encargara de obtener la medición de humedad y temperatura, así como también enviar dicha información hacia el módulo de comunicaciones de modo inalámbrico.

De manera específica este trabajo se muestran dos aplicaciones:

- 1.-Medicion de humedad y temperatura
- 2.- Envío de posición GPS.

Se consideran estas aplicaciones importantes en el mercado de transporte de carga de frio ya que cubren las necesidades de no tener que considerar varios sistemas para el monitoreo, ya sea de humedad y temperatura o de trazabilidad, es importante demostrar que en el diseño de la red sensorial se suprimen las conexiones físicas mediante cables, para obtener las mediciones de



cada sensor que integra la red, ya que estos envían las variables mediante un dispositivo que permite que se comuniquen de modo inalámbrico.

Es importante mencionar que se hace uso extensivo de la red GPRS que es utilizada para la conexión con el servidor web, envío y recepción de datos, esto es una solución muy viable ya que permite disminuir costos en el monitoreo.

1.1 Abstract

This work is focused on the inland transport of cooling load (cold chain), in which there is a growing need to track, locate and monitor vehicles and its load status. The role of this system focuses on monitoring humidity and temperature with a wireless sensor network, as well as using a GPS position, is to design a device that meets the above, coupling components such as M2M PICtail board daughter board microcontrollers existing creating routines capable of integrating the two components for this to be completely autonomous, as well as even pretend to design a device is using a transducer accurate measurements of humidity and temperature, then these are sent to a device to coordinate a **Wireless Sensor Networks**.

2 ANTECEDENTES

En los sistemas de transporte terrestre de carga de frío, que forman parte esencial en la cadena en frío, la cual es la encargada transportar miles de productos refrigerados de un punto de la región a otro, así como también de garantizar que estos productos se mantengan a la temperatura que estos requieren. En este sector existe una creciente necesidad de rastrear, localizar y monitorear vehículos para control y aseguramiento de cargas (alimentos), así como el registro de sus datos históricos de rutas: la frecuencia con que la transitan, la velocidad a la que pueden circular y la eficiencia de entrega de bienes, además de esto para muchos productos delicados existe la necesidad de poder conocer el estado de temperatura y humedad durante el transporte para garantizar que los mismos llegan a su destino final sin perder sus características organolépticas, físicas, etc. La mayoría de los sistemas ofrecen un monitoreo de temperatura y humedad para garantizar la calidad del alimento. Dejando la rastreabilidad a un sistema diferente que permite realizar el monitoreo en tiempo real de la ubicación de vehículo. Sin embargo existe un mercado que requiere garantizar la calidad del producto así como su rastreabilidad para detectar el origen ante problemas de clientes. Situaciones como esta derivan la necesidad de comprar dos o más sistemas, esto notablemente se ve reflejado en la economía del usuario.



2.1 OBJETIVOS

2.1.1 General

- Desarrollar un sistema capaz de: administrar una red sensorial de humedad y temperatura auto configurable y de enviar tanto la posición del vehículo como la humedad y temperatura de cada sensor que integre la red, hacia un servidor web de modo seguro y en tiempo real.

2.1.2 Específicos

- Diseñar un dispositivo que mediante un transductor este sea capaz de medir la humedad y temperatura, además la medición de ambas variables se envíen de modo inalámbrico hacia el modulo que administre la red sensorial, mediante un dispositivo de radio frecuencia.
- Diseñar un dispositivo que sea capaz de administrar el auto-reconocimiento de la red sensorial, así como también este se comunice con una tarjeta de la empresa microchip Pictail Daughter Board que contiene un GPS, además de un módulo GSM/GPRS, con la función de obtener la ubicación GPS y de enviar los datos obtenidos mediante la red GPRS de modo seguro.
- Desarrollar un algoritmo de encriptación por software, para que dicha información sea enviada de modo seguro mediante la red GPRS.

3 DESARROLLO

3.1 Medición de humedad y temperatura

Se diseñó un dispositivo capaz de medir humedad y temperatura con el uso de un transductor, además de que este dispositivo cuenta con un módulo de radio frecuencia por el cual pueda enviar dicha mediciones obtenidas por el transductor.

Sensor de humedad y temperatura sht15, para la medición de humedad y temperatura se empleó el sensor (SHT15), que ofrece un rango de medida para humedad de 0 a 100% HR, temperatura un rango de -40 a 123.8°C [1], con una precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y una resolución de 0,01°C a 14bits. Modulo RF xbee s1, para él envío de datos mediante señales de radio frecuencia se empleó un (XBEE S1) estos módulos trabajan con el protocolo Zigbee y su función es transmitir la información obtenida del sensor de humedad y temperatura, de modo inalámbrico, así como también de generar administrar y coordinar mediante radio frecuencia una red de sensores. Microcontrolador 12F1840, el microcontrolador de la serie PIC12F1840 se encargara de ejecutar las ordenes que se le asigne a cada componente del sistema, así como también será quien coordine el comportamiento de este.



del sensor hablando de precisión en la medición. Xbee s1 conectado mediante las terminales DIN/DOUT hacia el microcontrolador, ya que la única función que este ejecutara, será el envío o recepción de datos mediante radio frecuencia a una velocidad de transmisión de 9600 baudios, que el microcontrolador necesite procesar, el suministro de energía es obtenido a la salida del regulador de voltaje a 3.3 volts. Microcontrolador 12F1840 este controla ambos periféricos mediante diferentes protocolos los cuales son: RS232/I2C para el módulo de radiofrecuencia (xbee) y sensor de humedad y temperatura (STH15) respectivamente, ejecuta instrucciones. Este trabaja a un voltaje de 3.3 volts, con la finalidad de no utilizar hardware extra para acoplarse con los periféricos.

3.1.2 Diseño de la tarjeta electrónica (PCB)

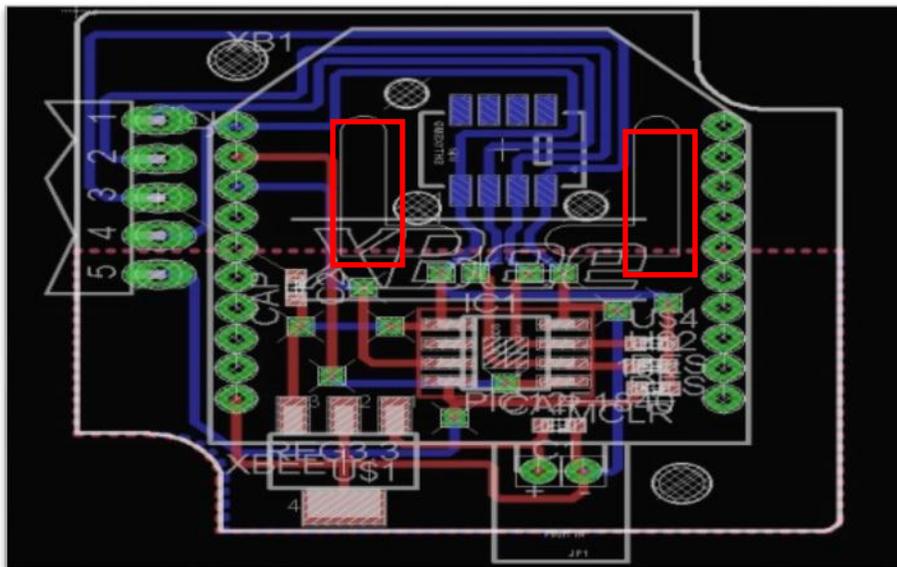


Fig.5.- Diseño PCB

Diseño de la tarjeta electrónica se basó en la funcionalidad de este dispositivo, es muy importante notar que la función de este se centra en la medición de la humedad y temperatura de donde este se situó, por consiguiente se puede observar encerrados en un rectángulo de color rojo dos canales que se crearon con la finalidad de aislar la tarjeta electrónica del circuito del sensor de temperatura, ya que el calor que el circuito genere es de vital importancia en las mediciones que este nos proporcione, se puede observar de igual modo de color azul las líneas de conexión del sensor que se encuentra en la parte botom, aislado completamente de todo el circuito que se encuentra en la parte top.



3.2 Ubicación GPS

Se desarrolló un dispositivo capaz de administrar una red sensorial, además de obtener la ubicación GPS, e interactuar con un servidor web, para él envío de datos mediante la red GPRS. A continuación se describe cada uno de los componentes utilizados, además de su función e integración de los componentes (conexiones electrónicas). Para la obtención de ubicación y envío de datos mediante la red GPRS [2], se utilizó dicho módulo ya que contiene un módulo GSM/GPRS, además de un módulo GPS que permite obtener la ubicación geográfica, así como también puede interactuar con un servidor web mediante el uso de la red GPRS. Módulo RF xbee s1, para él envío de datos mediante señales de radio frecuencia se empleó un (XBEE S1) estos módulos trabajan con el protocolo Zigbee y su función es administrar la red sensorial que integre al sistema. Microcontrolador 18f46k20 su función principal es la de ejecutar las ordenes que se le asigne a cada componente del sistema, así como también será quien coordine el comportamiento de este.



M2M PICtail™ Daughter Board
(Part # AC320011)

Fig.6.- M2M pictail daughter board



Fig.7.- Xbee s1



Fig.8.- PIC12F1840

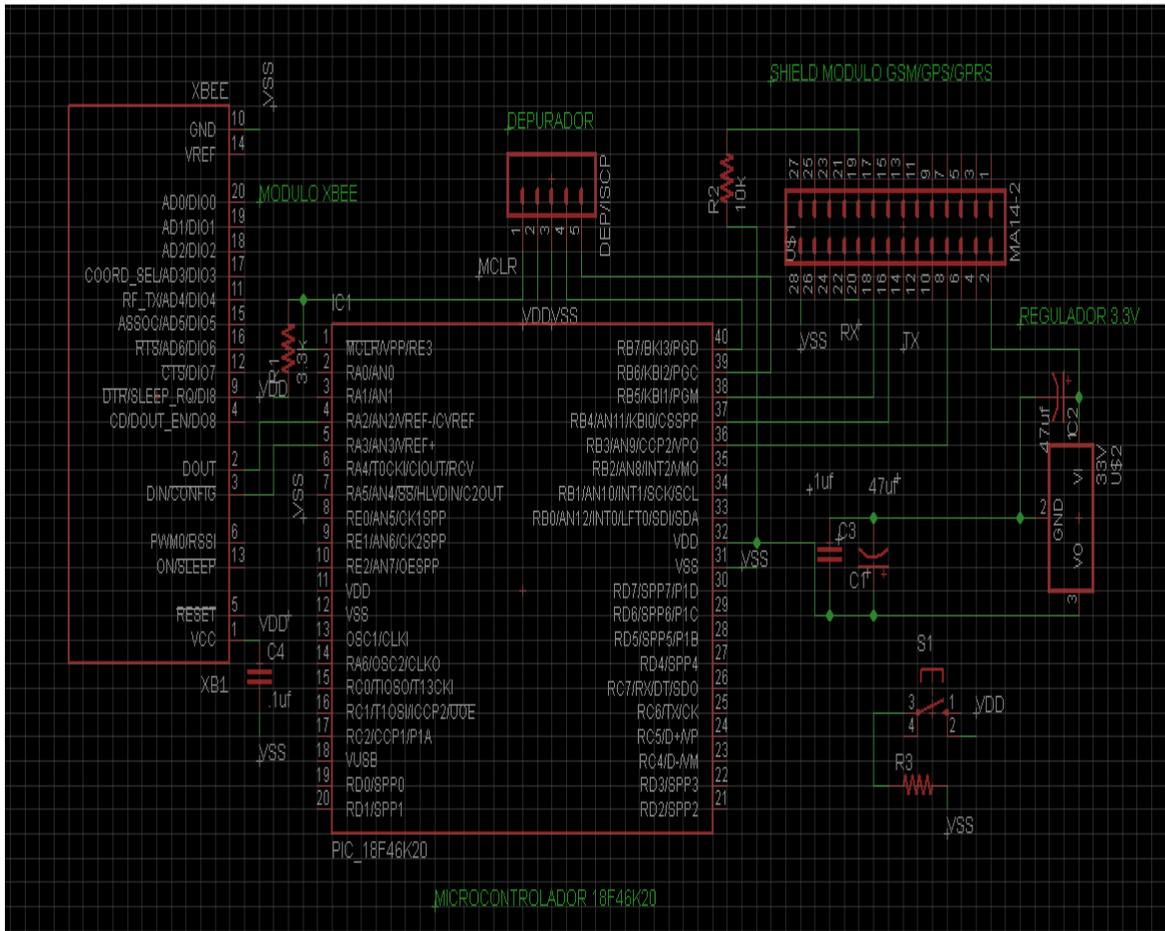


Fig.9.- Esquemático

En la figura 9 se puede observar el diagrama de conexiones, el suministro de energía se obtiene mediante las terminales que la tarjeta PICtail Daughter, la cual cuenta con una fuente de voltaje regulada, este voltaje es el encargado de suministrar la energía al circuito electrónico, por lo que se utiliza un regulador de 3.3 volts, para cada componente. Xbee s1 conectado mediante las terminales DIN/DOUT [1] hacia el microcontrolador, ya que la única función que este ejecutara, será él envío o recepción de datos para la coordinación de la red sensorial, mediante radio frecuencia a una velocidad de transmisión de 9600 baudios, que el microcontrolador necesite procesar, el suministro de energía es obtenido a la salida del regulador de voltaje a 3.3 volts. Shield módulo GSM/GPRS/GPS, este proporcionara la ubicación GPS, así mismo permite la comunicación mediante la red GPRS, las conexiones que este requiere son las líneas de datos TX/RX ya que esta trabaja mediante comandos AT [5] con el protocolo de comunicación RS-232. Microcontrolador 18F46K20 este controla ambos periféricos mediante el protocolo de comunicación RS-232[5] para el módulo de radiofrecuencia (xbee) y la tarjeta PICtail Daughter, este trabaja a un voltaje de 3.3 volts, con la finalidad de no utilizar hardware extra para acoplarse con los periféricos.



3.2.1 Diseño de la tarjeta electrónica (PCB)

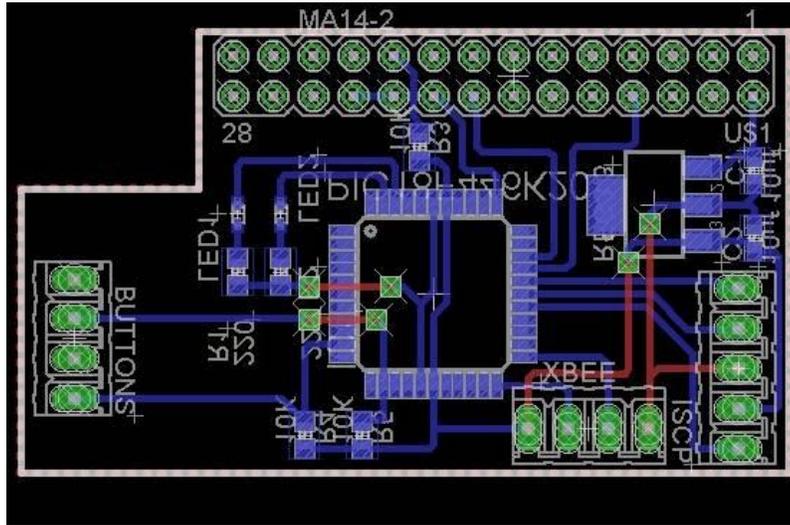


Fig.10.- diseño PCB Modulo de comunicaciones

El diseño de la tarjeta electrónica se realizó con la finalidad de poder integrar la tarjeta de control la cual contiene al microcontrolador y el hardware el cual se acopla con el módulo xbee, así mismo con la tarjeta PICtail Daughter que cuenta con el modem GSM/GPRS/GPS mediante un conector hembra.

3.3 Proceso de encriptación

En la actualidad es indispensable que los datos que sean enviados, a un servidor WEB estos viajen de modo seguro, por lo que se requiere que los datos que sean enviados hacia el servidor WEB contenga un protocolo de encriptación por lo que se empleó lo siguiente: La encriptación estará estructurada de la siguiente manera:

- Primeramente se obtiene palabra a encriptar.
- Se encuentra el valor binario de cada carácter ASCII.
- A este número binario se le aplica un operador XOR con una llave definida que en este caso es 00000101, 5 decimal, a cada carácter.
- Lo cual el resultado de la encriptación es la palabra a enviar

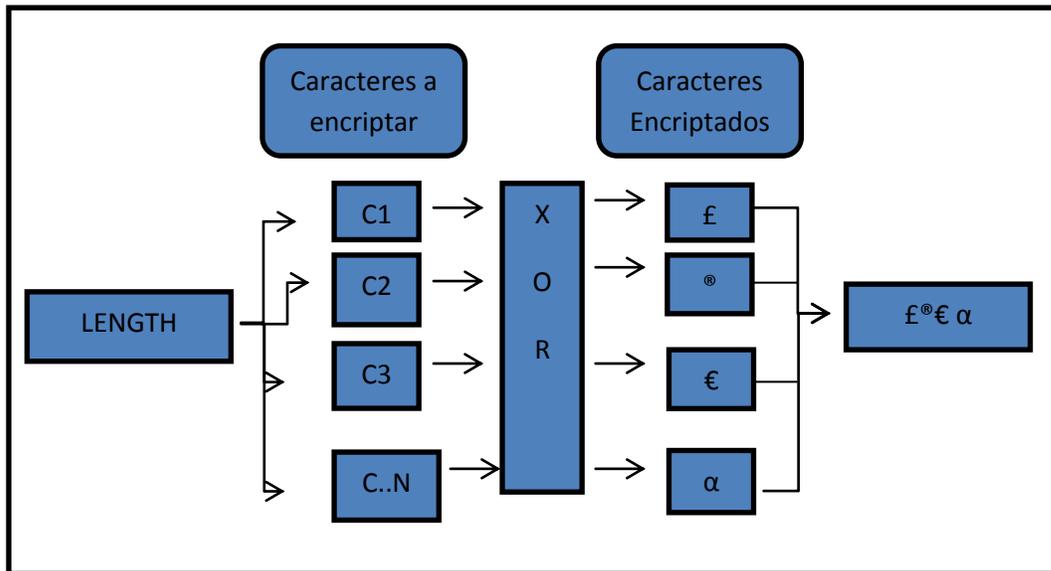


Fig.11.- Proceso de encriptación

Ejemplo:

Trama a encriptar: 12F76

Trama encriptada: 47C23

4 RESULTADOS

El resultado de la integración consta de un sistema capaz de monitorear la temperatura y humedad relativa de un contenedor con sensores de alta digitales precisión , así como también de poder obtener la ubicación geográfica de dicho contenedor en tiempo real y de interactuar con un servidor web mediante la red GPRS, con él envió de datos de modo seguro(encryptados), es importante recalcar que dicho sistema es capaz de auto-configurar la red sensorial ya sea que se integren como máximo 20 sensores, ya que cuenta con un algoritmo que permite reconocer la cantidad de sensores que lo integran, además de identificar si alguno se encuentra en mal funcionamiento.

La interacción que se mantiene con el servidor WEB da como resultado un dispositivo autónomo, así como también al usuario le permite modificar la frecuencia a la que el dispositivo enviara la trama de datos, ya que al momento de que el dispositivo envíe datos, este obtendrá una respuesta por parte del servidor el cual indicara la frecuencia de envió o en su defecto que finalice él envió de datos. De igual modo el sistema es completamente autónomo ya que este inicia el monitoreo al momento de recibir un mensaje SMS el cual indica la llave, que será enviada en la trama de datos, para así poder verificar con el servidor que este puede enviar datos.

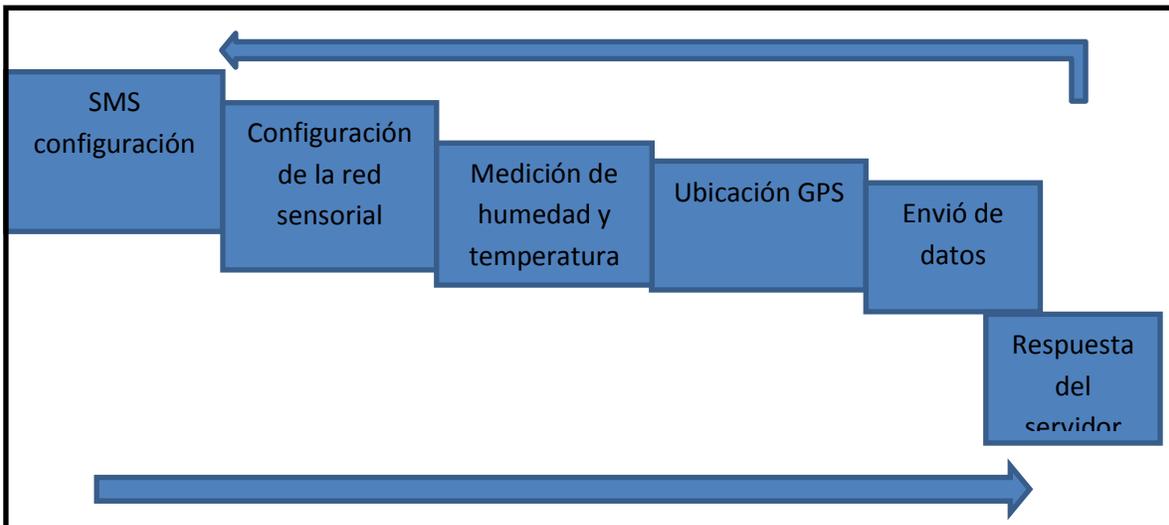


Fig.12.- Diagrama a bloques del funcionamiento

Inicialmente el dispositivo está en espera un mensaje de configuración al momento de que este sea recibido, el dispositivo envía un broadcast, esto con la finalidad de configurar la cantidad de sensores que integran la red sensorial, una vez que este haya configurado la red, lo siguiente es obtener la medición de humedad y temperatura así como también la posición GPS, para esta ser enviada mediante la red GPRS hacia el servidor WEB, quedando en espera de que este reciba la configuración haya asignado.

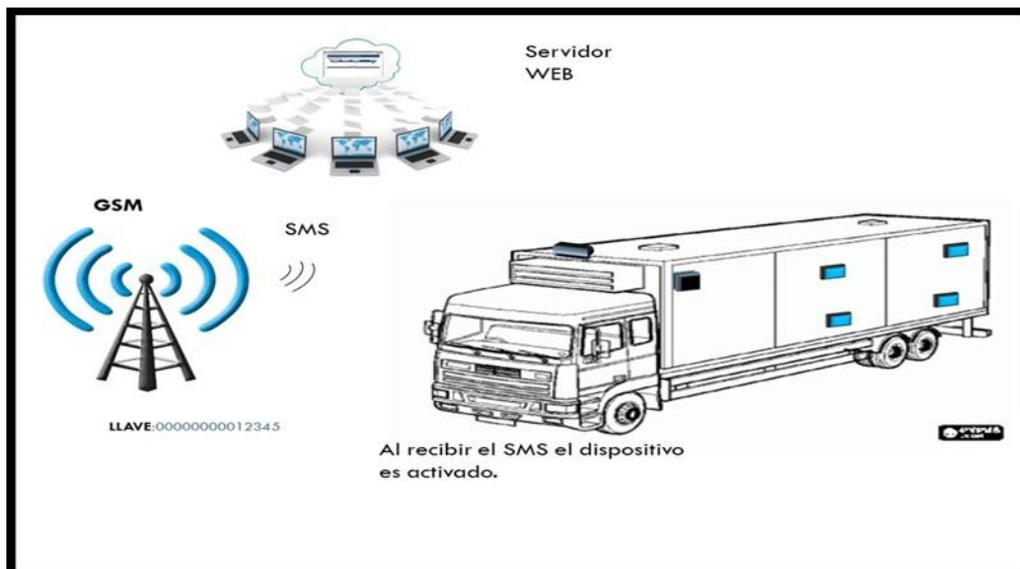


Fig.13 simulación del funcionamiento



5 CONCLUSIONES

Al concluir con el diseño del sistema, se menciona que el punto importante por el cual se desarrolló dicho sistema, es por la gran necesidad que existe que un mismo sistema sea capaz de proporcionar información tal como ubicación GPS, como también la temperatura y humedad que en los contenedores de transporte en frío mantiene, se puede mencionar que se obtuvieron los resultados esperados, logrando integrar un dispositivo capaz de obtener la ubicación GPS, así como también de crear una red sensorial que no solo dependa simplemente de 1 sensor, ya sean 2,3 etc. Como máximo 20 sensores, que además es configurable, ya que es capaz de reconocer la cantidad de sensores que se integran a la red, de igual modo se menciona que el sistema es capaz de interactuar mediante la red GPRS con un servidor web, el cual indica la frecuencia a la cual estará enviando los datos, haciendo un énfasis en que dicha información viaja de modo seguro ya que utiliza un método de encriptación, además del protocolo HTTP.

REFERENCIAS

- 1. Sensirion.W. (2012). *SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor*. Hoja de datos. Obtenida el 11/09/2012 de www.sensirion.com/.
- 2. Digi International.(2012). *XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules. ZigBee RF Modules by Digi International*. Hoja de datos. Obtenida el 11/09/2012 de www.digi.com/
- 3. Microchip. (2012). *Pic12F683 8-Pin Flash-Based CMOS Microcontroller with NanoWatt Technology Datasheet*. Hoja de datos. Obtenida el 11/09/2012 de www.microchip.com.
- 4. Figueroa, O. (2012). *Comunicaciones inalámbricas: módulos de radio frecuencia versión OEM Xbee*. Adquirido de <http://es.scribd.com/doc/58980339/Teoria-y-Programacion-Modulos-XBEE>.
- 5. Microchip. (2012). *PIC18F2XK20/4XK20 28/40/44-Pin Flash MCU with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology Datasheet*. Hoja de datos. Obtenida el 11/09/2012 de www.microchip.com.



TECNICA DE UMBRAL RAMAN MEJORADA PARA CALCULAR EL COEFICIENTE DE GANANCIA RAMAN EN FIBRA DE SÍLICE

L. de la Cruz-May*, M. May Alarcón, J. F. Vásquez-Jiménez, A. Boves-Damián, E. Cornelio, A. Soto-Valenzuela.

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería,
Av. Central S/N Esq. Con Fracc. Mundo Maya, Ciudad del Carmen Campeche, C.P.
24115, Tel: 9383811018 ext. 1702-1703

*ldelacruz@pampano.unacar.mx

RESUMEN

Este trabajo presenta una técnica para determinar con precisión el coeficiente de eficiencia de la ganancia Raman, la ecuación en la que se basa la técnica fue obtenida de la solución de las ecuaciones diferenciales acopladas que gobiernan el esparcimiento Raman estimulado en fibras ópticas. El éxito de esta técnica consiste en determinar experimentalmente el inicio de emisión de la señal Stokes, y la potencia de bombeo acoplada para la cual se alcanza el umbral Raman. Nuestra técnica fue probada experimentalmente para una fibra óptica, el resultado de la relación de potencia de bombeo a señal Stokes es menor al valor 16 de la relación históricamente usada. Adicionalmente, el valor del coeficiente de la eficiencia de la ganancia Raman es muy cercano a valores previamente publicados obtenidos con técnicas diferentes a la técnica del umbral Raman.

ABSTRACT

This paper presents a technique to accurately determine the coefficient of the Raman gain efficiency, the equation in which the technique is based was obtained from the solution of the coupled differential equations governing the stimulated Raman scattering in optical fibers. The success of this technique consists in experimentally determine the start of transmission of the Stokes signal, and the pump power coupled for which the Raman threshold is reached. Our technique was tested experimentally for an optical fiber; the result of the ratio pumping power to Stokes signal is less than 16 of the relationship used historically. Additionally, the coefficient of the Raman gain efficiency is very close to previously published values obtained with different techniques.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de láseres y amplificadores Raman en fibras ópticas es un campo de investigación que experimenta cambios continuos, debido a nuevos enfoques y aplicaciones que surgen en la



industria, en los modernos laboratorios de investigación, en las telecomunicaciones, en el área médica, en aplicaciones como láseres de guía de estrellas en observaciones astronómicas y aplicaciones LIDAR[1-3]. Las ecuaciones diferenciales acopladas que gobiernan el esparcimiento Raman estimulado que emplean esos modelos son ampliamente conocidas y llevadas a la práctica desde hace décadas. Las variables que intervienen en esos procesos tales como: el coeficiente de ganancia Raman, el coeficiente de atenuación del bombeo y la señal Stokes y el área efectiva, han sido estudiadas con soluciones analíticas y técnicas experimentales. Sin embargo, la primera propuesta de solución analítica vigente hasta hoy día y que permite relacionar entre sí a esas variables en el punto específico denominado umbral Raman proviene de varias *consideraciones* [4]. Y en consecuencia, esto conduce a una ecuación matemática que relaciona las variables *aproximadamente*. Por esto, para calcular los valores exactos del coeficiente de ganancia Raman y el área efectiva de una fibra de sílice, diversas técnicas han sido desarrolladas.

Los métodos para medir la eficiencia de la ganancia Raman usan pulsos de prueba [5-8], y medición de la potencia crítica por estudio del umbral Raman [9-12].

En este trabajo aprovechamos el reciente resultado previamente publicado [13], en el cual se da una solución exacta de las ecuaciones diferenciales de esparcimiento Raman estimulado -en donde el bombeo y la señal Stokes se propagan en la misma dirección-, para introducir una técnica que determina con precisión el coeficiente de ganancia Raman.

2. TEORÍA

El esparcimiento Raman estimulado en fibras de sílice está gobernado por un conjunto de ecuaciones diferenciales no lineales, donde el esparcimiento Raman se propaga en ambas direcciones del eje de la fibra óptica, hacia adelante y hacia atrás, y el bombeo se propaga hacia adelante. En este trabajo, el bombeo y el esparcimiento Raman estimulado (señal Stokes) que se propagan en la misma dirección están descritas por el par de ecuaciones siguientes [14];

$$\frac{dP_P}{dz} = -\alpha_P P_P - \frac{v_P}{v_S} \frac{g_r}{A_{eff}} P_P P_F \quad (1)$$

$$\frac{dP_F}{dz} = -\alpha_S P_F + \frac{g_r}{A_{eff}} P_P P_F \quad (2)$$

Donde P_P y P_F , v_P y v_S , α_P y α_S son las potencias, frecuencias y coeficientes de pérdidas de bombeo y señal Stokes, respectivamente. g_r es el coeficiente de ganancia Raman de la señal Stokes. A_{eff} es el área efectiva de núcleo de la fibra.

Una solución analítica que describe el comportamiento de los parámetros que intervienen en la generación de Stokes, surge de suponer que las pérdidas por atenuación del bombeo y la señal Stokes son iguales, es decir, $\alpha_P = \alpha_S = \alpha$. Y está dado por[13]:



$$\ln\left(\frac{P_F}{P_{F0}} \frac{P_{P0}}{P_P}\right) = \frac{g_r}{A_{eff}} P_{P0} L_{eff} \quad (3)$$

Donde P_{P0} y P_P son las potencias de bombeo inicial y de salida de la fibra, P_{F0} y P_F son las potencias de la señal Stokes a la entrada y salida de la fibra, respectivamente. Y $L_{eff} = [1 - \exp(-\alpha L)] / \alpha$ representa la longitud de interacción de las señales de bombeo y la onda Stokes. La ecuación (3) describe la transferencia de energía del bombeo a la señal Stokes.

En este trabajo, la variable P_{F0} es objeto de investigación y se determina en función de la potencia de bombeo.

El umbral Raman ha sido considerado como una potencia crítica límite, arriba de éste la transferencia de energía del bombeo al primer Stokes es muy rápido y por debajo de este los sistemas de comunicaciones multicanales operan eficientemente ya que no hay transferencia de energía de un canal a otro [9].

El umbral Raman se ha definido como el nivel de potencia en el cual la potencia residual y la potencia de la señal Stokes son iguales a la salida de la fibra óptica, es decir, $P_P = P_F$. Con esta suposición la ecuación (3) se transforma en:

$$\ln\left(\frac{P_{P0}}{P_{F0}}\right) = \frac{g_r}{A_{eff}} P_{P0} L_{eff} \quad (4)$$

Por décadas se ha considerado que alrededor de una millonésima parte del bombeo es convertido en esparcimiento Raman espontaneo, cantidad que se ha tomado como inicio del esparcimiento Raman espontaneo, es decir que $P_{F0} \approx 10^{-6} P_{P0}$, por lo que la ecuación (4) se transforma en;

$$16 \approx \frac{g_r}{A_{eff}} P_{cr} L_{eff} \quad (5)$$

Donde el parámetro P_{P0} se ha cambiado por la potencia crítica P_{cr} para hacer referencia que a esta potencia ocurre el umbral Raman. Esta relación ya fue previamente reportada [4] y usada en diversos trabajos de investigación. Sin embargo, esta relación es una aproximación, por lo que la estimación de la ganancia Raman, la potencia crítica o el área efectiva, serán aproximadas.

Nosotros sabemos que por el proceso de fabricación todas las fibras son diferentes, incluso las fibras diseñadas con las mismas características. La técnica reportada en este trabajo consiste en estimar experimentalmente el $\ln(P_{P0} / P_{F0})$. Nosotros bombeamos progresivamente la fibra óptica hasta evidenciar el inicio del esparcimiento Raman estimulado al cual etiquetamos como P_{F0} .

3. CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

La figura 1 muestra la configuración experimental planteada para medir el inicio del esparcimiento Raman estimulado y la potencia crítica. Está constituida por un láser de fibra (FL) que emite un haz de luz en onda continua (CW) a una longitud de onda de 1064 nm. Este haz de luz es acoplado a la fibra óptica bajo estudio. En el extremo de la fibra, se instaló un medidor de potencia (PM) para cuantificar el valor promedio de la señal de salida y un analizador de espectros ópticos (OSA).

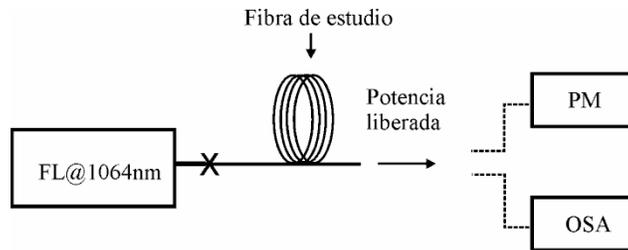


Figura1. Configuración experimental para determinar P_{F0} y P_{cr} .

Con esta configuración experimental intentamos medir el inicio de la amplificación Raman estimulada (o inicio de la señal Stokes) y la potencia crítica. Conforme la potencia de bombeo se libera, inicialmente aparece el esparcimiento Raman estimulado, consecuente el umbral Raman. La medición del espectro y la potencia de salida para cada bombeo sirven para cuantificar el valor que corresponde a la potencia de bombeo y a la señal Stokes. La figura 2 muestra los espectros cuando se inicia el esparcimiento Raman estimulado, para una fibra 1060-XP. Nosotros estamos considerando a P_{F0} como la línea de emisión o Stokes visiblemente más pequeña. Bajo esta premisa, la línea sólida exhibe un valor de -8.32dBm para el Stokes inicial y la potencia de bombeo un valor de -56.38 dBm, la diferencia de potencia en dBm conduce a un valor de $P_{F0}=15.63 \times 10^{-6} P_{P0}$, de tal forma que $\ln(P_{P0} / P_{F0})=11.066$.

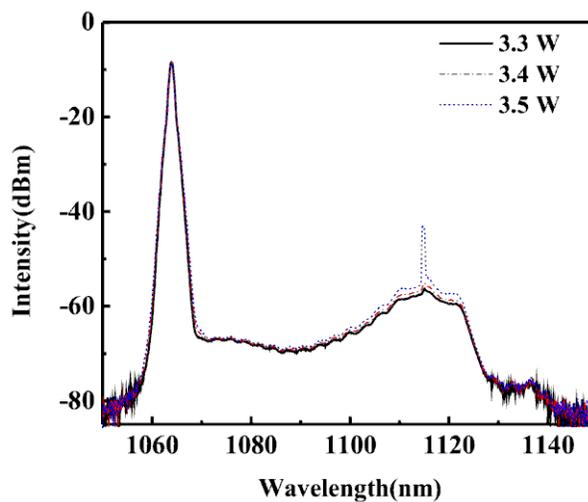




Figura 2. Espectros de intensidad para varias potencias de bombeo, note que la emisión más baja se obtiene para 3.3W de potencia de bombeo.

Ahora, usando la fibra 1060-XP procedemos a calcular la potencia crítica, la que obtenemos bombeando progresivamente la fibra hasta hallar el punto de intersección de las potencia de bombeo y de la señal Stokes, la cual ocurre para una potencia de bombeo de $P_{P0} = 6.6934W$. Observe al figura 3.

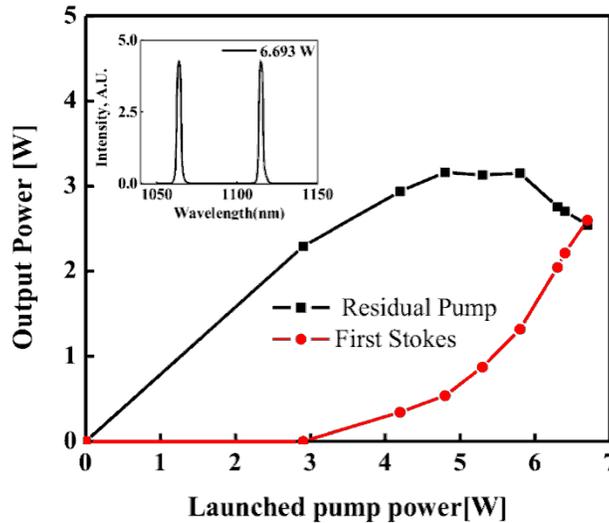


Figura 3. El recuadro corresponde a la intersección de las señales de bombeo y Stokes. Note que este ocurre a 6.693W.

Con estos datos procedemos a calcular la eficiencia de la Ganancia Raman $g_r/A_{eff} = 1.94 W^{-1}Km^{-1}$. De datos de las especificaciones técnicas de la fibra 1060-XP, $A_{eff} = 35.25 \times 10^{-12} m^2$, por lo que el coeficiente de ganancia Raman es $g_r = 0.68 \times 10^{-13} m/W$.

Nuestro valor de la eficiencia de la ganancia Raman es muy aproximado a $1.2 W^{-1}Km^{-1}$ reportado reciente por [15]. Si tomáramos la ecuación (5), la aproximación normalmente usada se tendría un valor de $2.82 W^{-1}Km^{-1}$.

Fiber span	$P_{F0}[P_{P0}]$	$P_{cr} [W]$	$L_{eff}[km]$	$gR[W^{-1}Km^{-1}]$
1km 1060-XP	15.63×10^{-6}	6.693	0.875	1.94

Tabla I. Datos para la obtención de la Ganancia Raman para la fibra 1060-XP.



4. CONCLUSIONES

La técnica reportada en este trabajo para determinar una de los parámetros más poderosos en el diseño de láseres y amplificadores Raman es versátil y sencilla. Como se ha mostrado, solo se requiere determinar el inicio del SRS y la potencia crítica para tramos de fibras largas. Por otro lado para fibras cortas solo se requiere alcanzar el inicio del SRS y cualquier potencia por arriba del inicio del SRS y por debajo de la potencia crítica.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ampliamente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) por apoyarnos en la realización y presentación de este trabajo a través del PIFI y al proyecto DAIT/2012/09.

6. REFERENCIAS

- [1] M.J.F. Digonnet, *Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers*, second ed. Marcel, Dekker, New York 20018.
- [2] Y. Feng, L. Taylor, and D. Bonaccini Calia, *Opt. Express*, 17(21), 19021–19026 (2009).
- [3] V. R. Supradeepa, J. W. Nicholson, C. E. Headley, M. F. Yan, B. Palsdottir, D. Jakobsen, arXiv preprint arXiv:1301.6185.
- [4] R. G. Smith, *Appl. Opt.* 11 (1972) 2489-2494.
- [5] D. Mahgerefteh, D. L. Butler, and J. Goldhar, B. Rosenberg, G. L. Burdge, *OPTICS LETTERS / Vol. 21, No. 24 / December 15, 1996*
- [6] G. Ravet, M. Wuilpart, J.-C. Froidure, M. Blondel, P. Mégret, *IEEE Laser and Electro-Optics Society Symposium –Benelux Chapter*, pp 242-245. 2002
- [7] Y. Tsutsumi, M. Ohashi, *Proc. Of SPIE-OSA-IEEE/ Vol. 763005-4*
- [8] K. Toge, K. Hogari, T. Horiguchi, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 14, pp. 974-976. 2002.
- [9] Agrawal, G., *“Nonlinear Fiber Optics”*, Academic Press, (1995)
- [10] Rottwitt, K., Bromake, J., and Leng, L., *Optical commun.*, 1-2, (2002)
- [11] I. A. Bufetov, M. M. Bubnov, V. B. Neustruev, V. M. Mashinsky, A.V. Shubin, M.V. Grekov, A. N. Guryanov, V. F. Khopin, E. M. Dianov, A M. Prokorov, *Laser Phys.* 11 (2001) 130-133.
- [12] O. Frazão, C. Correia, et al., *The Open Optics Journal*, 2009, 3, 1-11 1
- [13] L. de la Cruz-May, J. A. Álvarez-Chávez, E. B. Mejía, A. Flores-Gil, F. Méndez, S. Wabnitz, *Opt. Fiber Technol.* 17 (2011) 214-217.
- [14] J. AuYeung, and A. Yariv, *J. Opt. Soc. Am.*, 69 (1979) 803-807.
- [15] I. D. Vatnik, D. V. Churkin, S. A. Babin, S. K. Turitsyn, *Optics Express*, 19(19), 18486-18494. (2011).