



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Fotovoltaicos
Clave de la asignatura:	ENC-2102
SATCA¹:	<u>(2 – 2 – 4)</u>
Carrera:	Ing. Eléctrica, Ing. Mecánica, Ing. Civil

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>El programa de la asignatura de Sistemas Fotovoltaicos está diseñado para contribuir en formación integral de los estudiantes del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST).</p> <p>La finalidad de esta asignatura es promover los sistemas fotovoltaicos elaborando proyectos en la industria, el sector productivo, público, agropecuario y doméstico para lograr un uso eficiente y racional de la energía eléctrica.</p> <p>A través de estos proyectos promover la innovación tecnológica y el consumo de energía eléctrica, mediante la aplicación de tecnologías eficientes y calidad de la energía.</p> <p>Estos conocimientos le aportarán al estudiante tanto en lo personal como en lo profesional, una visión de las herramientas y cálculos técnicos en base a costo y beneficio, que puede emplear para la modernización de instalaciones y aplicación tecnologías de alta eficiencia, que lo ayudarán a contribuir a la conservación de los recursos naturales no renovables y al aprovechamiento sustentable de la energía.</p> <p>En México, el recurso solar se tiene en abundancia en todo el país, por lo que se requiere aprovecharlo y facilitar el recurso humano para proveer a las empresas, sector público, el personal necesario capacitado sobre el tema de energía fotovoltaica con ello obtener una disminución en sus costos por energía eléctrica. El programa de las NACIONES UNIDAS es que para el 2030 las energías renovables lleguen a todo a todas las sociedades y cuando menos 30% de la energía utilizada en el mundo sea de este tipo de energías y de LA SECRETARÍA DE ENERGÍA DE MÉXICO en su programa de energías renovables tiene metas concretas para avanzar en sus aplicaciones.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>Las primeras unidades son las bases conceptuales para sistemas fotovoltaicos, después la descripción de la aplicación en la red doméstica, comercial, industrial y en sistemas de bombeo.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



En la primera unidad se proporciona información de conceptos básicos de electricidad, radiación solar, y su aprovechamiento mediante tecnologías solar térmica y solar fotovoltaica.

La segunda unidad trata sobre la radiación solar, tipos de radiación, directa, difusa y total, así como los instrumentos para mediciones de energía solar.

Para la tercera unidad se estudia la implementación de los sistemas fotovoltaicos en una instalación doméstica, comercial, industrial y agropecuaria, incluyendo todos los componentes del sistema cumpliendo con los estándares para interconexión estipulados por la compañía suministrado de energía.

En la cuarta unidad se realizarán proyectos utilizando sistemas fotovoltaicos para alimentar instalaciones eléctricas de acuerdo a las necesidades de la empresa, la cual debe suministrar energía eléctrica a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad, sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes. Para ello se realizar un análisis donde se registrar las variables que se tienen de las perturbaciones eléctricas y así proponer las posibles soluciones para corregirla.

La quinta unidad de enfoca en los aspectos técnicos de implementar proyectos fotovoltaicos para uso autónomo o interconectado a la red basándose en un diseño metodológico y considerando los aspectos de operación y entorno que puedan afectar el desempeño de la instalación.

Algunas de las actividades que se sugieren en extra-clase es de observación, análisis y discusión de los resultados dentro del aula.

Durante el desarrollo de las actividades programadas en la asignatura es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que particularmente lleva a cabo y entienda que está construyendo su conocimiento, aprecie la importancia de este y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía y en consecuencia actúe de manera profesional



3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Mérida del 07 de Marzo al 18 de Mayo de 2017	Representantes de las Academias: Ing. Beatriz A. García Cristiano M.C. Emiliano Alberto Canto Quintal	Reunión de Academias de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica
Instituto Tecnológico de Mérida del 10 de febrero al 21 de abril de 2021	Representantes de la Academia de Ingeniería Mecánica: Dr. Luis Ricalde Castellanos M.C. Emiliano Alberto Canto Quintal M.I. Silvio José Villajuana Cervantes Dr. Hugo Joel Carrillo Escalante Dr. Enrique Josué Chan y Díaz Dr. Joel Odelin Novelo Segura Ing. Juan Alberto González Santillán	Academia de Ingeniería Mecánica
Instituto Tecnológico de Mérida del 10 de febrero al 21 de abril de 2021	Representantes de la Academia de Ingeniería Eléctrica: Roger Antonio Anguas Morales Agustín Flores Novelo Ángel Abraham Alcalá Caballero Artemio Alpizar Carrillo Beatriz A. García Cristiano Carlos Ruiz Casanova Francisco Ramos Díaz Javier David López Balam Javier Alejandro Naal Gil Nicté Ha Lara Díaz Rafael de Jesús Solís Noriega Rosendo Rodríguez Chávez Teresa Ramírez Hernández Víctor Sandoval Curmina	Reunión Academia de Ingeniería Eléctrica

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseñar la instalación de un sistema fotovoltaico cumpliendo con las normas establecidas.

5. Competencias previas



- Conocimientos generales básicos. Conocimientos básicos de la carrera. Conocimiento de una segunda lengua.
- Maneja y calcula unidades de energía tanto en el ámbito eléctrico como en el ámbito térmico.
- Investiga, analiza y relaciona nuevas tecnologías utilizando diversas fuentes de información, como Internet, artículos científicos y revistas de corte científico.
- Utiliza paquetes computacionales para el análisis e interpretación de datos en los dispositivos eléctricos y térmicos.
- Manejo del equipo de mediciones eléctricas.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos básicos	1.1.- Efecto invernadero, cambio climático 1.2.- Energía solar térmica 1.3.- Energía solar fotovoltaica 1.4.- Conceptos básicos de electricidad
2	Radiación Solar	2.1.- El recurso solar 2.2.- La radiación solar sobre la superficie terrestre 2.3.- Relaciones geométricas para la radiación solar 2.4.- Tipos de radiación, directa, difusa y total 2.5.- Instrumentos de mediciones de la energía solar 2.6.- El concepto de hora pico, datos de la radiación solar en México 2.7.- Trayectoria solar y sombras 2.8.- Orientación óptima de captadores
		3.1.- Principio físico de las celdas fotovoltaicas. 3.2.- Características de la celda fotovoltaica, corriente y voltaje, y su potencia máxima. 3.3.- Conexiones de las celdas en serie y paralelo.



3	Tecnología Fotovoltaica: celdas, módulos, Paneles y arreglos.	<p>3.4.- Integración de los módulos con las celdas interconectadas.</p> <p>3.5.- Características eléctricas de los módulos, corriente, voltaje y potencia máxima.</p> <p>3.6.- Tecnologías de paneles fotovoltaicos.</p> <p>3.7.- Conexión en serie y en paralelo de módulos y las características eléctricas del panel, voltaje, corriente y potencia.</p> <p>3.8.- Características eléctricas de los arreglos.</p> <p>3.9.- Accesorios de instalación y protección de los arreglos fotovoltaicos, de los equipos y del personal</p>
4	Aplicación industrial	<p>4.1.- Potencia estimada por iluminación</p> <p>4.2.- Potencia estimada por accesorios y equipos industriales</p> <p>4.3.- Potencia estimada total</p> <p>4.4.- Consumo de energía y costos</p> <p>4.5.- Diseño de los arreglos fotovoltaicos</p> <p>4.6.- Ubicación de los paneles solares e análisis económico del proyecto fotovoltaico</p> <p>4.7.- Elaboración de los planos eléctricos de la instalación fotovoltaica y fichas técnicas</p>
5	Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos	<p>5.1.- Sistemas autónomos</p> <p>5.2.- Sistemas interconectados a red.</p> <p>5.3.- Sistemas híbridos</p> <p>5.4.- Métodos de control de máxima potencia.</p> <p>5.6.- Sombreado parcial</p> <p>5.7.- Métodos de enfriamiento</p>



7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Conceptos básicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Se analizarán las condiciones climáticas y energía solar que ocurre en nuestro planeta, así como los principios básicos de electricidad que se requieren para la instalación de un sistema fotovoltaico.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo e integración en equipo. Habilidades interpersonales. • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Liderazgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizará el efecto invernadero y cambio climático. • Describir el comportamiento de la energía solar térmica. • Describir el comportamiento de la energía solar fotovoltaica. • Identificar los conocimientos básicos de electricidad que se requieren para elaborar una instalación de un sistema fotovoltaico.



2. Radiación Solar	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analizar el comportamiento de la radiación solar en la superficie terrestre y particularmente en la región del país para una óptima orientación de los captadores solares.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo e integración en equipo. Habilidades interpersonales. • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Liderazgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el análisis de la radiación solar sobre la superficie terrestre. • Analizar el horario y radiación solar en el país. • Verificar las trayectorias solares y el impacto de sombras en los paneles solares. • Determinar la orientación óptima de los captadores solares.
3. Tecnología Fotovoltaica	



Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Desarrollar herramienta para evaluar un uso eficiente en un equipo determinado, el cual contemple todas las posibles alternativas de disminuir su consumo de energía sin afectar su desempeño en el área de trabajo o producción.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de estimación de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo e integración en equipo. Habilidades interpersonales. • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Liderazgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los puntos de conexión de CA del sitio para la instalación del SFV. • Verificar la tensión de la red y el número de hilos de la alimentación eléctrica y la existencia de un sistema de puesta a tierra. Factibilidad de la colocación del sistema fotovoltaico (SFV) de acuerdo con la especificación G0100-04-Vigente. • Elegir los componentes adecuados para la instalación del sistema fotovoltaico. • Determinar los elementos de fijación de los módulos, así como las bases de estos. • Realizar la elección de los conductores, así como los elementos de protección de un SFV. Determinar el alcance del mantenimiento en un SFV.
4. Aplicación industrial	
Competencias	Actividades de aprendizaje



<p>Específica(s):</p> <p>Elaborar una aplicación de un sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica en la industria.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo e integración en equipo. Habilidades interpersonales. • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Liderazgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las mediciones eléctricas pertinentes. • Determinar la factibilidad costo-beneficio de la colocación de SFV. • Elaborar la propuesta del diseño del SFV según las condiciones del sitio. • Presentar los cálculos en una memoria técnica donde se presente la evaluación y/o diseño del SFV. • Presentar de manera formal el informe final del proyecto mediante la exposición.
<p>5. Aplicación en sistemas Fotovoltaicos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Diseñar proyectos fotovoltaicos considerando diversos requerimientos de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un proyecto fotovoltaico autónomo a partir de un adecuado dimensionamiento, análisis de costos y



<p>conexión, condiciones de operación y estrategias de mejora de la eficiencia.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo e integración en equipo. Habilidades interpersonales. • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Liderazgo. 	<p>validación del desempeño de la instalación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un proyecto fotovoltaico para uso doméstico en tarifa DAC o industrial para autoabastecimiento, conectado a la red a partir de un adecuado dimensionamiento, análisis de costos y validación del desempeño de la instalación. • Describir los métodos de control de puntos de máxima potencia en un panel fotovoltaico mediante la técnica Perturbar y Observar. • Identificar los efectos del sombreado parcial sobre la generación de potencia y posibles. • Proponer soluciones para reducir las pérdidas de potencia debido a los efectos térmicos mediante técnicas de enfriamiento en módulos fotovoltaicos.
--	--

8. Práctica(s)

<p>Se deja al docente la libertad de elegir el número de las prácticas a realizar, pero estas siempre deben buscar en el alumno los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración entre los alumnos



- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el alumno.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis- síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.

Algunas prácticas específicas son:

- Mediciones eléctricas y cálculo de potencia.
- Trazo de potencias óptimas de sistemas fotovoltaicos.
- Conexiones serie paralelo de sistemas fotovoltaicos.
- Determinación de eficiencias de motores eléctricos y bombas.
- Realizar visitas en campos de sistemas fotovoltaicos.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de



logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Desarrollo de las prácticas en forma independiente o en equipos.
- Reportes de investigación sobre sistemas fotovoltaicos.
- Desarrollo de proyecto donde se suministre energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en una institución o empresa.
- Examen escrito.
- Trabajos de investigación.
- Elaboración de tareas.
- Participación en clases

11. Fuentes de información

1. Boyle, G. Renewable Energy. Power for a sustainable future. Second Edition. Open University Oxford University Press 2004.
2. De Juana, JM. Energías Renovables para el desarrollo. Ed. Thomson-Paraninfo 2003
3. López, E.; Ordeix, J.; Pla, J. Introducción de materiales semiconductores. Módulo 1 Electrónica analógica / Tecnología electrónica. UVic 2003.
4. López, E.; Ordeix, J.; Pla, J. Diodos semiconductores. Módulo 2 Electrónica analógica / Tecnología electrónica. UVic 2003.
5. Mitjà, A. Curs de Formació Energia Solar Totovoltaica. Intiam Ruai, S.L. Institut Català
6. Ortega, M. Energías Renovables. Ed. Paraninfo 1999.
7. Sorensen, B. Renewable Energy. 3a Edició. Ed. Elsevier Academic Press 2004.
8. Rosas, M, i Cendra, J, Energía solar térmica, Edicions UPC, 2005.
9. Secretaría de Energía. (2016). Perspectivas del sector energético. 31 octubre 2017, de Secretaría de Energía Sitio web: <https://www.gob.mx/sener/documentos/prospectivas-del-sector-energetico>