

### 1. Datos generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b> <b>Clave de la asignatura:</b> <b>SATCA:</b> <b>Carrera:</b>	Energía Solar ERF-1704 3-2-5 Ingeniería Mecánica
---	---

### 2. Presentación

#### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta las bases para que el Ingeniero Mecánico tenga la capacidad de:

- Diseñar e implementar sistemas y dispositivos de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, utilizando estrategias para el uso eficiente de la energía en los sectores productivo y de servicios apegado a normas y acuerdos tanto nacionales como internacionales.
- Colaborar en proyectos de investigación para el desarrollo tecnológico, en el área de energías renovables.

Es una asignatura que se ocupa del diseño y la evaluación de dispositivos para aprovechar el potencial solar. Se requiere del conocimiento de asignaturas previas como: Mecánica de fluidos, Termodinámica y Transferencia de calor.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Morelia del 22 al 26 de Junio del 2015	Academia de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Morelia	

### 4. Competencias a desarrollar

<b>Competencias específicas:</b>	<b>Competencias genéricas:</b> <u>Competencias instrumentales</u>
----------------------------------	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionar un equipo para conversión de energía solar térmica y/o fotovoltaica para una aplicación específica.</li> <li>• Diseñar, construir, instalar, mantener operar equipos solares térmicos y fotovoltaicos eficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> </ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.</li> <li>• Habilidad para trabajar en un ambiente laboral.</li> <li>• Compromiso ético.</li> </ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Iniciativa y espíritu emprendedor.</li> <li>• Preocupación por la calidad.</li> <li>• Búsqueda del logro.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>
---	--

**5. Competencias previas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar análisis de la primera y segunda ley de la Termodinámica.</li> <li>• Conocer y aplicar los mecanismos de transferencia de calor a la solución de problemas.</li> <li>• Conocer el principio de funcionamiento de los instrumentos de medición y control.</li> </ul>
---

- Conocer los conceptos básicos y leyes del movimiento de los fluidos.
- Realizar balances de masa, energía, entropía y exergía.

**6. Temario**

Unidad	Tema	Subtema
1	Introducción a la energía solar.	1.1. Mapas de insolación y estimación de energía disponible. 1.2. Fundamentos de radiación solar. 1.3. Definiciones básicas. 1.4. Disponibilidad de la energía solar. 1.5. El Sol. Constante solar. 1.6. Limitaciones. 1.7. Distribución espectral de la radiación terrestre. 1.8. Definiciones de parámetros fundamentales. 1.9. Cinemática solar. Cálculo de la radiación solar. 1.10. Definición de ángulos para la orientación de la superficie captadora. 1.11. Medición de la radiación solar. 1.12. Determinación de la radiación solar incidente sobre una superficie orientada. 1.13. Aspectos económicos. 1.14. Unidades de medición de la radiación solar.
2	Captación y conversión de la radiación solar térmica.	2.1. Propiedades radiativas de los materiales. 2.2. Definición de parámetros ópticos y leyes fundamentales. 2.3. Cuerpo negro. 2.4. Superficie selectiva. 2.5. Efecto invernadero. 2.6. Colectores planos. 2.7. Colectores concentradores.
3	Aplicaciones de la energía solar térmica.	3.1. Colectores solares planos. 3.2. Colectores con concentración. 3.3. Secadores solares.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>3.4. Destiladores solares.</li> <li>3.5. Evaporadores.</li> <li>3.6. Refrigeración solar y climatización.</li> <li>3.7. Dimensionamiento de sistemas térmicos.</li> <li>3.8. Instalación y mantenimiento de equipos solares térmicos.</li> <li>3.9. Requerimientos de agua caliente en edificaciones.</li> <li>3.10. Sistemas de agua caliente sanitaria.</li> <li>3.11. Calefacción por agua caliente.</li> <li>3.12. Modelaje y diseño de sistemas de calentamiento.</li> <li>3.13. Calor solar para procesos industriales.</li> <li>3.14. Tipos de sistemas industriales aplicables.</li> <li>3.15. Uso de materiales no contaminantes.</li> <li>3.16. Modelos matemáticos para evaluar la potencia solar.</li> </ul>
4	Celdas y paneles fotovoltaicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1. Efecto fotoeléctrico.</li> <li>4.2. Materiales semiconductores.</li> <li>4.3. Características, eficiencia, curva tensión-corriente, punto de máxima potencia de las celdas de silicio cristalino y amorfo, de película delgada, y de alto rendimiento (Ga-As).</li> <li>4.4. Celda, panel y arreglo fotovoltaico.</li> <li>4.5. Conexión en serie y en paralelo de celdas.</li> <li>4.6. Plantas eléctricas solares, su selección y dimensionamiento.</li> <li>4.7. Características mecánicas.</li> <li>4.8. Características térmicas y efecto de sombreado.</li> <li>4.9. Orientación del arreglo.</li> <li>4.10. Confiabilidad de los paneles.</li> <li>4.11. Técnicas y normas de montaje de paneles solares.</li> </ul>
5	Sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a la red.	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1. Producción de energía en un arreglo fotovoltaico, cálculos de rendimiento energético.</li> <li>5.2. Arquitectura básica.</li> <li>5.3. Elementos de almacenamiento de energía: baterías para régimen cíclico</li> </ul>

		<p>de descarga profunda. Cargadores de baterías.</p> <p>5.4. Ejemplos de aplicación: bombeo fotovoltaico, iluminación, etc.</p> <p>5.5. Cálculo de rendimiento energético.</p> <p>5.6. Arquitectura en sistemas de una, dos y tres etapas.</p> <p>5.7. Seguimiento del punto de máxima potencia.</p> <p>5.8. Medios de interconexión a la red.</p> <p>5.9. Normatividad: operación en modo isla.</p> <p>5.10. Normatividad: armónicos, factor de potencia y calidad de la energía.</p>
--	--	--

**7. Actividades de aprendizaje de los temas**

Unidad 1. Introducción a la energía solar.	
Competencias.	Actividades de aprendizaje.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la radiación solar incidente sobre una superficie orientada desde el punto de vista analítico y experimental, utilizando modelos matemáticos y la instrumentación adecuada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar los conceptos básicos de radiación solar incidente.</li> <li>Realizar un mapa donde relacionen los conceptos básicos analizados con anterioridad y exponer ante el grupo.</li> <li>Deducir las propiedades y características de la radiación solar.</li> <li>Resolver y explicar la solución de problemas que involucren análisis dimensional y conversión de unidades de radiación solar.</li> <li>Investigar y analizar la definición de la constante solar.</li> <li>Investigar y realizar un reporte acerca de las mediciones de radiación solar.</li> <li>Resolver problemas de cálculo de la radiación solar.</li> <li>Medir la radiación solar incidente.</li> </ul>
Unidad 2. Captación y conversión de la radiación solar térmica.	

Competencias.	Actividades de aprendizaje.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar los parámetros y características de la captación de la energía solar térmica.</li> <li>• Interpretar las leyes fundamentales sobre la radiación solar térmica y aplicarlas en sistemas reales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diálogo-discusión de ideas sobre la definición e importancia de la energía solar térmica.</li> <li>• Investigación documental sobre las propiedades radiactivas de los materiales, para realizar una exposición en clase.</li> <li>• Analizar el significado real del efecto invernadero y la eficiencia de los sistemas solares térmicos.</li> <li>• Resolver problemas de cálculo de eficiencia térmica y coeficientes de operación en sistemas solares térmicos.</li> <li>• Investigar y realizar un resumen sobre las características del cuerpo negro.</li> <li>• Establecer la importancia de modelar los procesos de los sistemas solares térmicos.</li> </ul>

Unidad 3. Aplicaciones de la energía solar térmica.	
Competencias.	Actividades de aprendizaje.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar, seleccionar y evaluar sistemas y dispositivos que utilicen la energía solar térmica en diferentes situaciones de acuerdo a las necesidades reales del entorno social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir los diferentes tipos de aplicaciones de la energía solar térmica a través de un mapa conceptual.</li> <li>• Diseñar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Seleccionar sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Dimensionar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Describir los elementos de la instalación de un sistema solar térmico.</li> <li>• Resumir las normas de mantenimiento de un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar energéticamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Evaluar económicamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> </ul>
--	---

<p>Unidad 4. Celdas y paneles fotovoltaicos.</p>	
<p>Competencias.</p>	<p>Actividades de aprendizaje.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar los principios de funcionamiento de las celdas y paneles solares así como las normas de su construcción, montaje y mantenimiento.</li> <li>• Interpretar el cálculo de eficiencia de las celdas solares.</li> <li>• Dimensionar y seleccionar una planta eléctrica fotovoltaica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diálogo-discusión de ideas para recordar los conceptos básicos de funcionamiento de una celda solar.</li> <li>• Investigar y realizar una clasificación de los materiales de construcción de las celdas.</li> <li>• Investigar y hacer un resumen de los tipos de conexiones de las celdas.</li> <li>• Interpretar las características, eficiencia, curva tensión-corriente, punto de máxima potencia de las celdas de silicio cristalino y amorfo, de película delgada, y de alto rendimiento (Ga-As).</li> <li>• Investigar, hacer un resumen y analizar los conceptos básicos de la construcción de las plantas solares fotovoltaicas.</li> <li>• Resolver problemas que involucren el cálculo de la eficiencia en las plantas eléctricas solares.</li> <li>• Investigar y hacer un resumen de los conceptos del efecto fotoeléctrico.</li> <li>• Analizar e interpretar las curvas de tensión potencia y el punto de máxima eficiencia de una celda.</li> </ul>

<p>Unidad 5. Sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a la red.</p>
---

Competencias.	Actividades de aprendizaje.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular el rendimiento energético fotovoltaico de un sistema.</li> <li>• Interpretar la normatividad para la selección de los sistemas solares fotovoltaicos autónomos e interconectados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y hacer un mapa conceptual para definir los elementos de un sistema solar fotovoltaico.</li> <li>• Investigar los diferentes ejemplos de aplicación de los sistemas solares fotovoltaicos así como su dimensionamiento.</li> <li>• Resolver problemas que involucren el cálculo de la capacidad necesaria para un sistema solar fotovoltaico.</li> <li>• Analizar el concepto de la Entalpía.</li> <li>• Investigar y hacer un cuadro de clasificación del calor específico a presión y volumen constante.</li> <li>• Resolver problemas para calcular los rendimientos de un sistema interconectado.</li> <li>• Investigar las normas de aplicación nacionales e internacionales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico interconectado.</li> <li>• Evaluar económicamente un sistema solar fotovoltaico a partir de una necesidad de consumo.</li> </ul>

## 8. Prácticas

- i. Evaluación energética de un sistema solar térmico seleccionado.
- ii. Identificación y análisis de los componentes de un sistema fotovoltaico.
- iii. Operación básica de un sistema fotovoltaico autónomo, identificación de los diferentes regímenes de operación.
- iv. Operación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, identificación del régimen de seguimiento del punto de máxima potencia.
- v. Evaluación de las características de la tensión generada por un sistema fotovoltaico: tensión de salida y rendimiento espectral.

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de las competencias de la asignatura considerando.

- **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 del alumno:

- Participa y organiza foros de discusión con sus compañeros sobre equipo para conversión de energía solar, presentando un informe escrito.
- Presenta reportes de los resultados obtenidos de las demostraciones y prácticas realizadas en clase, con sus comentarios y conclusiones.
- Presenta exámenes escritos para solucionar problemas de aplicación práctica.
- Presenta ante el grupo y en exposición el modelo didáctico construido junto con su memoria de cálculo.
- Participa en la realización de ejercicios prácticos.
- Participación activa y crítica en clase.
- Presentaciones trabajos en equipos.

## 11. Fuentes de información

- i. Fernández S., J. M., **Guía Completa de la Energía Solar Térmica**, ISBN 9788496709027, 2007.
- ii. Galloway, T., **La Casa Solar, Guía de Diseño, Construcción y Mantenimiento**, ISBN 9788487440045, 2006.
- iii. Duffie, J. A., and Beckman, W. A., **Solar Engineering in Thermal Processes**, John Wiley and Sons, 1980.
- iv. Pareja, M., **Energía Solar Fotovoltaica**, Marcombo.



- v. Fernández, J. M., ***Guía Completa de la Energía Solar Fotovoltaica***, ISBN 9788487440458, 2007.