

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Solares Fotovoltaicos y Térmicos
Clave de la asignatura:	ERD-1028
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta las bases para que el Ingeniero en Energías Renovables tenga la capacidad de:

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

La asignatura de Sistemas Solares fotovoltaicos y térmicos se ocupa del diseño y la evaluación de dispositivos para aprovechar el potencial solar y es una parte esencial para el diseño, evaluación y desarrollo de proyectos enfocados a este tipo de energía, por lo cual, se incluye en el programa de energías renovables.

El diseño de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos requiere de diversos conocimientos como circuitos, termodinámica, resistencia de materiales, normatividad, recurso solar, máquinas eléctrica e hidráulicas, entre las más importante. Se relaciona con las siguientes asignaturas: Fuentes Renovables de Energía aportando las bases sobre el origen del recurso solar para apreciar las posibilidades de aplicación de tecnologías para su aprovechamiento, Programación la cual permite identificar el uso de las tecnologías, ambientes operativos, diagramación y pruebas de escritorio para determinar la mejor opción en la solución de problemas involucrados en los sistemas de energías renovables; Taller de Sistemas de Información Geográfica permite comprender y analizar el potencial del recurso solar para su aprovechamiento por medio de sistemas fotovoltaicos y térmicos; Tecnología de los materiales la cual permite analizar y evaluar los mecanismos y las leyes de la radiación térmica para realizar el diseño de colectores solares o el balance de energía de un sistema de energía renovable; Metrología Mecánica y Eléctrica permite reconocer los diferentes instrumentos de medición de variables mecánicas y eléctricas, de los diferentes componentes de un sistema de energía renovable; Óptica y Semiconductores, permite al estudiante comprender los fenómenos de reflexión y refracción que ocurre en los

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

colectores planos y parabólicos, al mismo tiempo proporciona los conocimientos de la electrónica de potencia para poder comprender el funcionamiento global de un parque eólico o de una granja solar; Mecánica de Fluidos, aporta las bases para resolución de problemas de flujo en tuberías; Transferencia de Calor proporciona los mecanismos y las leyes de la radiación térmica en intercambio de energía entre superficies y en presencia de gases para realizar el diseño de colectores solares o el balance de energía de un sistema de energía renovable; Máquinas Hidráulicas proporciona los principios de funcionamiento y los componentes de las bombas hidráulicas para su aplicación en sistemas de bombeo con energía solar; Instalaciones Eléctricas e Iluminación, proporciona información sobre los componentes que conforman una instalación eléctrica utilizando sistemas de energía renovable (celdas solares y aerogeneradores) basándose en la normatividad vigente; Simulación de Sistemas de Energía Renovable permite que el alumno desarrolle módulos de simulación de sistemas térmicos y de fluidos en estado estable; proporciona las bases para las asignaturas de Formulación y Evaluación de Proyectos de Energía Renovable, y Administración y Técnicas de Conservación y todos estos conocimientos permitirán al estudiante tener las herramientas para establecer su propia empresa de energías renovables, con algún giro de investigación, desarrollo o gestión empresarial.

Intención didáctica

La asignatura se organiza de la siguiente manera:

En el tema 1 se inicia con un panorama de la energía solar, su relación con el medio ambiente, conceptos básicos, unidades y parámetros de medición y un panorama nacional e internacional del recurso renovable. En el tema 2, se introduce el concepto de celdas y paneles fotovoltaicos, sus características, dimensionamiento y uso, así como los tipos de conexiones, técnicas de orientación, montaje y normatividad aplicable vigente.

En el tema 3, se dan los fundamentos de la captación y conversión de la radiación solar térmica, propiedades de los materiales, conceptos de parámetros ópticos, tipos de colectores solares; diseño, dimensionamiento, instalación mantenimiento y normatividad vigente.

En el tema 4 se presentan las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica y térmica teniendo como base diferentes necesidades de consumo.

En las actividades de aprendizaje sugeridas para cada tema, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que resuelva los problemas teniendo como base necesidades del contexto.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su futuro profesional, de igual manera que aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión, la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Laguna, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Orizaba, Saltillo, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería Petrolera y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, La Laguna, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Geociencias, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Cintalapa, Huichapan, Mexicali, Motúl, Progreso y Tequila.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Progreso.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseña, construye, instala, mantiene, dimensiona y opera sistemas solares fotovoltaicos y térmicos eficientes para aplicaciones específicas.

5. Competencias previas

- Comprende el fenómeno fotoeléctrico y la naturaleza cristalina de los semiconductores para entender el funcionamiento de dispositivos electrónicos que emplean estos principios
- Implementa mediante el uso de estructuras de control, bibliotecas, funciones, arreglos y archivos programas que permitan una solución rápida a problemas donde intervienen los sistemas renovables de energía.
- Analiza y diseña circuitos eléctricos para entender el funcionamiento de los dispositivos electrónicos.
- Reconoce los parámetros físicos y atmosféricos que intervienen en la distribución del recurso solar y analiza esta distribución para detectar las zonas con mayor potencial solar.
- Elabora proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión y de iluminación para usos generales de aplicación industrial y de servicios públicos, de acuerdo a la normatividad vigente.
- Selecciona y utiliza los diferentes instrumentos de medición de variables mecánicas y eléctricas; apoyándose en las normas nacionales e internacionales vigentes. Además de utilizar los equipos de prueba para verificar el estado en que se encuentran las máquinas y equipos electromecánicos.
- Analiza y resuelve problemas de potencia eléctrica, modela y obtiene resultados con software de simulación para analizar el comportamiento de sistemas eléctricos e implementar técnicas de corrección.
- Analiza y resuelve problemas de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, comprobando la solución con software de simulación para estudiar el comportamiento de las señales.
- Aplica la primera ley de la Termodinámica para análisis y evaluación de la energía en dispositivos y equipos que se comportan como sistemas cerrados.
- Plantea y resuelve problemas que impliquen la resolución de ecuaciones diferenciales.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción	1.1 Fundamentos de radiación solar 1.3 Disponibilidad de la energía solar 1.4 Estimación y medición de la radiación solar 1.4.1 Variación del flujo de energía con la distancia. 1.4.2 Tipos de radiación y sus relaciones geométricas. 1.4.3 Cálculo de la irradiancia directa sobre una superficie. 1.4.4 Conversión de hora local a hora solar. 1.5 Consideraciones de la energía solar 1.7 Panorama nacional e internacional de la energía solar.
2	Sistemas solares fotovoltaicos	2.1 Celdas, módulos y arreglos fotovoltaicos: Características, eficiencia, curva tensión-corriente, punto de máxima potencia, conexión en serie y paralelo. 2.2 Sistemas fotovoltaicos 2.2.1 Generación de energía en un sistema fotovoltaico. 2.3 Subsistemas fotovoltaicos. 2.3.1 Captación energética (Características y eficiencia) 2.3.2 Acumulación (tipos y criterios de selección) 2.3.3 Regulación y control (tipos y criterios de selección) 2.3.4 Otros subsistemas 2.4 Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo e interconectado a la red. 2.5 Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico 2.5.1 Demanda energética 2.5.2 Energía disponible (Radiación solar) 2.5.3 Cálculo de paneles, baterías y otros subsistemas. 2.6 Controladores de seguimiento del punto de máxima potencia 2.7 Armónicos, factor de potencia y calidad de la energía 2.8 Instalación y mantenimiento de equipos

		solares fotovoltaicos. 2.9 Normatividad de los sistemas fotovoltaicos.
3	Sistemas solares térmicos	3.1 Propiedades radiactivas de los materiales 3.2 Definición de parámetros ópticos y leyes fundamentales. 3.3 Colectores solares planos 3.3.1 Eficiencia óptica 3.4 Colectores de concentración. 3.4.1 Índice de concentración 3.4.2 Eficiencia óptica 3.5 Diseño y dimensionamiento de sistemas térmicos 3.6 Instalación y mantenimiento de equipos solares térmicos. 3.7 Normatividad de los sistemas solares térmicos.
4	Aplicaciones de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos	4.1 Aplicaciones de sistemas solares fotovoltaicos. 4.1.1 Aislados 4.1.2 Interconectados a la red 4.2 Aplicaciones de sistemas solares térmicos. 4.2.1 Secadores solares 4.2.2 Destiladores solares 4.2.3 Cocinas solares 4.2.4 Evaporadores 4.2.5 Refrigeración solar y climatización 4.2.6 Requerimientos de agua caliente en edificaciones 4.2.7 Potabilización de agua 4.2.8 Procesos industriales

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Determina la radiación solar incidente sobre una superficie orientada desde el punto de vista analítico y experimental, utilizando modelos matemáticos y la instrumentación adecuada para conocer el potencial solar.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los conceptos básicos de radiación solar incidente. • Realizar un mapa conceptual donde relacionen los conceptos básicos analizados con anterioridad y exponer ante el grupo. • Deducir las propiedades y características de la radiación solar. • Resolver y explicar la solución de problemas que involucren despejes de variables, análisis dimensional y conversiones de unidades de radiación solar. • Investigar y analizar la definición de constante solar. • Investigar y realizar un reporte acerca de las mediciones de radiación solar. • Resolver problemas de cálculo de la radiación solar. • Medir la radiación solar incidente. • Investigar la relación entre la producción de energía solar y los impactos sociales, técnicos, ambientales y económicos que se generan.
Sistemas Solares Fotovoltaicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Interpreta los principios de funcionamiento, eficiencia y rendimiento de las celdas y paneles solares, así como las normas de su construcción, montaje y mantenimiento para diseñar, dimensionar y seleccionar una planta eléctrica fotovoltaica.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y hacer un ensayo de los conceptos del efecto fotoeléctrico. • Realizar diálogo - discusión de ideas para comprender los conceptos básicos de los materiales semiconductores. • Investigar y realizar una clasificación de los materiales de construcción de las celdas. • Realizar diálogo - discusión de ideas para comprender los conceptos básicos de celdas, módulos y paneles solares. • Investigar y realizar conexiones de

<p>la práctica.</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p>	<p>paneles solares.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) • Investigar, hacer un resumen y analizar los conceptos básicos de la construcción de las plantas solares fotovoltaicas. • Resolver problemas que involucren el cálculo de la eficiencia en las plantas eléctricas solares. • Resolver problemas que involucren el cálculo de subsistemas fotovoltaicos: paneles y baterías. • Resolver problemas que involucren el cálculo de la capacidad necesaria para un sistema solar fotovoltaico. • Resolver problemas para calcular los rendimientos de un sistema interconectado. • Analizar e interpretar las curvas de tensión potencia y el punto de máxima eficiencia de una celda. • Investigar las normas de aplicación nacionales e internacionales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico interconectado. • Analizar e interpretar la normatividad aplicable en sistemas fotovoltaicos. • Evaluar económicamente un sistema solar fotovoltaico a partir de una necesidad de consumo.
---	---

Sistemas Térmicos

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Interpreta los parámetros y características de la captación de la energía solar térmica, así como las leyes fundamentales de la radiación solar térmica para su aplicación en sistemas reales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y hacer un mapa conceptual para definir los elementos de un sistema solar térmico. • Analizar el concepto de la Entalpía • Investigar y hacer un cuadro de clasificación del calor específico a presión y volumen constante. • Diálogo-discusión de ideas sobre la definición e importancia de la energía solar térmica.

<p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> <p>Capacidad de investigación</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación documental sobre las propiedades radiactivas de los materiales, para realizar una exposición en clase. • Analizar el significado real del efecto invernadero y la eficiencia de los sistemas solares térmicos. • Resolver problemas de cálculo de eficiencia térmica y coeficientes de operación en sistemas solares térmicos. • Investigar y realizar un resumen sobre las características del cuerpo negro. • Establecer la importancia de modelar los procesos de los sistemas solares térmicos. • Describir los elementos de la instalación de un sistema solar térmico • Diseñar y dimensionar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Evaluar energética y económicamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Resumir las normas de mantenimiento de un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.
<p>Aplicaciones de Sistemas Solares Fotovoltaicos y Térmicos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Evalúa e implementa sistemas y dispositivos que utilicen la energía solar para su utilización en diferentes situaciones de acuerdo a las necesidades reales del entorno social.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</p> <p>Capacidad de investigación</p> <p>Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diferentes ejemplos de aplicación de los sistemas solares térmicos así como su dimensionamiento. • Describir los diferentes tipos de aplicaciones de la energía solar térmica y fotovoltaica a través de un mapa conceptual. • Exposición de proyectos industriales y de investigación.

8. Práctica(s)

- Mediciones de la Radiación Solar
- Identificación y análisis de los componentes de un sistema fotovoltaico
- Operación básica de un sistema fotovoltaico autónomo, identificación de los diferentes regímenes de operación
- Operación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, identificación del régimen de seguimiento del punto de máxima potencia.
- Modelado en paquetes computacionales
- Evaluación de las características de la tensión generada por un sistema fotovoltaico: tensión de salida y rendimiento espectral.
- Evaluación energética de un sistema solar térmico seleccionado.
- Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico.
- Diseño y construcción de un dispositivo de energía térmica.

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

- Observación del desempeño del alumno durante la realización trabajos e investigaciones encomendadas
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de solución de problemas prácticos, así como las conclusiones obtenidas, mediante rúbricas y listas de cotejo.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos evaluada mediante rúbricas.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reportes escritos de las prácticas experimentales.
- Implementación del seguimiento del punto de máxima potencia en un sistema fotovoltaico piloto.
- Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para una aplicación pecuaria
- Verificación del modo de operación en isla, de acuerdo a procedimientos de norma mediante la realización de prácticas.
- Desarrollo de un proyecto de asignatura sobre diseño de un sistema solar térmico y de un sistema solar fotovoltaico.
- Elaboración de manual de problemas de dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos.

11. Fuentes de información

1. Duffie, J.A. & Beckman, W.A (2013) *Solar Engineering of Thermal Processes*. USA: Wiley
2. Carta, J. A. (2009). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: Pearson-UNED.
3. Kalogirou, S.A. (2009) *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. Academic Press
4. Goswami, D.Y., Kreith, F. & Kreider, J. (2000) *Principles of Solar Engineering*. USA: Taylor & Francis
5. ASHRAE. *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors: ANSI/ASHRAE 93-1986*. USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
6. Asociación Nacional de Energía Solar (2013) México: <http://www.anes.org/anes/index.php>
7. Veritas,B., Méndez Muñiz, J.M. y Cuervo Garcia,R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. Fundación Confetemal.
8. Veritas,B., Méndez Muñiz, J.M. y Cuervo Garcia,R. (2012). *Energía Solar Térmica*. Fundación Confetemal.