

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Sistemas Fotovoltaicos y Térmicos
<b>Clave de la asignatura:</b>	AIF-2303
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3 – 2 – 5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura</b>
<p>Esta asignatura aporta las bases para que el Ingeniero en Energías Renovables tenga la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Colaborar en proyectos de investigación para el desarrollo tecnológico, en el área de energías renovables.</li> </ul> <p>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.</p> <p>El diseño de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos requiere de diversos conocimientos como circuitos, termodinámica, resistencia de materiales, normatividad, recurso solar, máquinas eléctricas 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</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

refracción que ocurre en los 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:

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. Después, 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.

Enseguida 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.

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

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones</b>
Instituto Tecnológico Superior de los Reyes a 08 del mes de Abril del 2022	Academia de Ingeniería Electromecánica	Reunión extraordinaria de la Academia de Ingeniería Electromecánica: Elaboración de módulo de especialidad

**4. Competencia(s) a desarrollar**

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
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.

**6. Temario**

No.	Temas	Subtemas
I	Tópicos de Electrónica de Potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Convertidores CA/CA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Controladores de voltaje de CA                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1.1 Controladores monofásicos</li> <li>1.1.1.2 Controladores trifásicos</li> </ul> </li> <li>1.1.2 Reguladores de voltaje                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.2.1 Reguladores de voltaje monofásicos</li> <li>1.1.2.2 Reguladores de voltaje trifásicos</li> </ul> </li> <li>1.1.3 Convertidores de frecuencia                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.3.1 Circuitos cicloconvertidores</li> <li>1.1.3.2 Cicloconvertor de envolvente</li> <li>1.1.3.3 Convertidor de matriz</li> <li>1.1.3.4 Convertidor back to back</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>1.2 Convertidores CA/CD                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Rectificadores                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1.1 Configuraciones monofásicas</li> <li>1.2.1.2 Configuraciones trifásicas   <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1.1 Modulación de rectificadores</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>1.3 Convertidores CD/CA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.3.1 Técnicas de modulación PWM</li> <li>1.3.2 Inversores</li> <li>1.3.3 Multiplicadores de fase</li> </ul> </li> <li>1.4 Convertidores CD/CD                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.4.1 Topologías básicas de conversión CD-CD                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1.4.1.1 El convertidor Buck</li> <li>1.4.1.2 El convertidor Boost</li> <li>1.4.1.3 El convertidor Buck-Boost</li> <li>1.4.1.4 El convertidor Cuk</li> <li>1.4.1.5 El convertidor Sepic</li> <li>1.4.1.6 El convertidor Zeta</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
II	Sistemas Fotovoltaicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Sistemas fotovoltaicos</li> <li>2.2.1 Generación de energía en un sistema fotovoltaico.</li> <li>2.2 Subsistemas fotovoltaicos.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Acumulación (tipos y criterios de selección)</li> <li>2.2.2 Regulación y control</li> </ul> </li> </ul>

		<p>(tipos y criterios de selección)</p> <p>2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo e interconectado a la red.</p> <p>2.4 Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico</p> <p>2.4.1 Demanda energética</p> <p>2.4.2 Energía disponible (Radiación solar)</p> <p>2.4.3 Cálculo de paneles, baterías y otros subsistemas.</p> <p>2.1 Instalación y mantenimiento de equipos solares fotovoltaicos.</p> <p>2.2 Normatividad de los sistemas fotovoltaicos.</p> <p>2.3 Aplicaciones de sistemas solares fotovoltaicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislados</li> <li>• Interconectados a la red</li> </ul>
III	Sistemas Solares Térmicos	<p>3.1 Colectores solares planos</p> <p>3.2 Colectores de concentración.</p> <p>3.3 Eficiencia óptica</p> <p>3.4 Diseño y dimensionamiento de sistemas térmicos</p> <p>3.5 Instalación y mantenimiento de equipos solares térmicos.</p> <p>3.6 Normatividad de los sistemas solares térmicos.</p> <p>3.7 Aplicaciones de sistemas solares térmicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secadores solares</li> <li>• Destiladores solares</li> <li>• Cocinas solares</li> <li>• Evaporadores</li> <li>• Refrigeración solar y climatización</li> </ul> <p>Potabilización de agua</p>
IV	Proyecto Integrador	<p>4.1 Proyecto final.</p>

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

Unidad I Tópicos de Electrónica de Potencia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> Diseña la etapa de potencia en los sistemas fotovoltaicos y térmicos.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes.</li> <li>• Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.</li> <li>• Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la aplicación de los convertidores electrónicos en sistemas fotovoltaicos y térmicos y realizar un mapa mental.</li> <li>• Realizar exposiciones grupales de los conceptos básicos de la electrónica de potencia.</li> <li>• Realizar simulaciones de las diversas topologías de convertidores electrónicos de potencia con software especializado.</li> <li>• Desarrollo de investigaciones individuales de temas alternos y del estado del arte de los conversores de energía.</li> <li>• Discusión de las ventajas y desventajas de las diversas topologías de convertidores de potencia.</li> <li>• Realizar e interpretar cálculos para el dimensionamiento de los convertidores de potencia.</li> <li>• Seleccionar un convertidor de potencia para un sistema fotovoltaico a partir de las especificaciones técnicas.</li> </ul>
Unidad II Sistemas Fotovoltaicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y hacer un ensayo de los conceptos del efecto fotoeléctrico.</li> <li>• Realizar diálogo - discusión de ideas para comprender los conceptos básicos de los materiales semiconductores.</li> <li>• Investigar y realizar una clasificación de los materiales de construcción de</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.</li> <li>• Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.</li> </ul>	<p>las celdas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diálogo - discusión de ideas para comprender los conceptos básicos de celdas, módulos y paneles solares. Investigar y realizar conexiones de paneles solares.</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>• Resolver problemas que involucren el cálculo de subsistemas fotovoltaicos: paneles y baterías.</li> <li>• Resolver problemas que involucren el cálculo de la capacidad necesaria para un sistema solar fotovoltaico.</li> <li>• Resolver problemas para calcular los rendimientos de un sistema interconectado.</li> <li>• Analizar e interpretar las curvas de tensión potencia y el punto de máxima eficiencia de una celda.</li> <li>• Investigar las normas de aplicación nacionales e internacionales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico interconectado.</li> <li>• Analizar e interpretar la normatividad aplicable en sistemas fotovoltaicos.</li> <li>• Evaluar económicamente un sistema solar fotovoltaico a partir de una necesidad de consumo.</li> </ul>
<p>Unidad III Sistemas Solares Térmicos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): 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"> <li>• Investigar y hacer un mapa conceptual para definir los elementos de un sistema solar térmico.</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. Diálogo-discusión de ideas sobre la</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.</li> <li>• Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.</li> <li>• Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica</li> <li>• Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.</li> <li>• Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.</li> <li>• Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.</li> </ul>	<p>definición e importancia de la energía solar térmica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <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> <li>• Describir los elementos de la instalación de un sistema solar térmico</li> <li>• Diseñar y dimensionar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Evaluar energéticamente y económicamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> <li>• Resumir las normas de mantenimiento de un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.</li> </ul>
<p>Unidad IV Proyecto Integrador</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Desarrolla un proyecto multidisciplinario aplicando los conocimientos obtenidos</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.</li> </ul>	<p>Desarrollar un proyecto final utilizando los conocimientos obtenidos durante la materia integrando las demás asignaturas de la especialidad</p>

- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura.
- Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.

## 8. Práctica(s)

- Implementación de un convertidor del tipo básico con operación en modo de conducción continuo. Cada equipo realizaría una estructura de potencia diferente.
- 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

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

## 11. Fuentes de información

1. M. H. Rashid, "Electrónica de Potencia – Circuitos, dispositivos y aplicaciones", Segunda Edición, Prentice Hall.
2. R. W. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics", First Edition, Appendix B: Computer Simulation.
3. N. Mohan, "Power Electronics – Converters, Applications and Design", Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.
4. C.W. Lander, "Power Electronics", Second Edition, McGraw Hill
5. D.W. Hart, "Introduction to Power Electronics", Prentice Hall
6. F.F. Mazda, "Electrónica de Potencia – Componentes, circuitos y aplicaciones", Editorial Paraninfo.
7. M.P. Kazmierkowski, R. Krishnan, F. Blaabjerg, "Control in Power Electronics – Selected Problems", Academic Press
8. Duffie, J.A. & Beckman, W.A (2013) *Solar Engineering of Thermal Processes*. USA: Wiley
9. Carta, J. A. (2009). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: Pearson-UNED.
10. Kalogirou, S.A. (2009) *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. Academic Press
11. Goswami, D.Y., Kreith, F. & Kreider, J. (2000) *Principles of Solar Engineering*. USA: Taylor & Francis
12. 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.
13. Asociación Nacional de Energía Solar (2013) México: <http://www.anes.org/anes/index.php> Veritas, B., Méndez Muñiz, J.M. y Cuervo *Fotovoltaica*. Fundación Confetemal.
14. Veritas, B., Méndez Muñiz, J.M. y Cuervo
15. *Térmica*. Fundación Confetemal.