

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Integración de Fuentes Renovables
<b>Clave de la asignatura:</b>	EEF-2002
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Energías Renovables

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura.</b>
<p>La asignatura aporta al perfil de egreso del (la) ingeniero(a) en Ingeniería en Energías Renovables las competencias necesarias para comprender la operación e integración de esquemas renovables de tipo eólico y fotovoltaico, a través de soluciones de electrónica de potencia necesarias para el correcto aprovechamiento y transferencia de la energía eléctrica generada.</p> <p>El conocimiento de diversas soluciones en electrónica de potencia (convertidores conmutados), inmersas en esquemas de generación renovable, permitirá al alumno comprender la naturaleza y las características de la energía eléctrica proveniente de estos sistemas. Lo anterior permitirá al alumno relacionar como los dispositivos de electrónica de potencia y sistemas renovables afectan a los sistemas eléctricos de potencia.</p> <p>Esta asignatura se relaciona con los conocimientos adquiridos en circuitos eléctricos, máquinas eléctricas, sistemas solares fotovoltaicos y térmicos, y energía eólica.</p>
<b>Intención didáctica</b>
<p>El contenido de la materia está dividido en cuatro temas. El primer tema aborda aspectos de interés en el proceso de generación de energía eléctrica a través de dispositivos fotovoltaicos. La comprensión de operación de estos dispositivos se realiza a través de curvas características y su modelo matemático, lo cual se refuerza a través de un caso de estudio.</p> <p>El segundo tema introduce esquemas de generación eólica, donde se revisan, comprenden y modelan las diferentes etapas en el proceso de generación de energía eléctrica. Los modelos matemáticos revisados ampliarán la concepción de funcionamiento de turbinas eólicas, lo cual se refuerza con un caso de estudio de simulación computacional.</p> <p>El tercer tema aborda la aplicación de convertidores conmutados de CD-CD en sistemas fotovoltaicos. Aspectos de operación y diseño son tratados, lo anterior con énfasis en el procesamiento y adecuación de la energía eléctrica generada por dispositivos fotovoltaicos. Las topologías de convertidores conmutados abordadas son estudiadas bajo casos de aplicación comunes.</p> <p>En el cuarto tema son revisadas topologías de convertidores conmutados de tipo rectificador o inversor, encontrados en los procesos de conversión de energía eléctrica de corriente alterna a</p>

corriente directa y viceversa. Estas topologías son estudiadas en el marco de generación eólica y fotovoltaica, donde las soluciones de electrónica de potencia inciden en la adecuación de la energía eléctrica para la conexión de sistemas renovables con otras aplicaciones o redes eléctricas.

Las competencias genéricas que se desarrollarán son: investigación, capacidad de análisis y síntesis, comunicación oral y escrita, toma de decisiones y solución de problemas. El desarrollo de la materia requiere de la realización de prácticas en simuladores computacionales, que promuevan el desarrollo de habilidades de implementación computacional y análisis de resultados, así como el enlace y comprensión de conceptos teóricos. La realización de actividades teóricas y de simulación computacional deberá fomentar la participación del alumno para reforzar los conocimientos.

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

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Torreón, Coahuila, México Septiembre, 2020	Profesores Investigadores del Instituto Tecnológico de La Laguna.  Dr. Rodrigo Loera Palomo	Diseño y actualización de la especialidad de Energía Eólico-Solar del programa de: Ingeniería en Energías Renovables.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Analiza, define, simula e implementa esquemas electrónicos de potencia para la adecuación y procesamiento de la energía eléctrica generada por medio de sistemas de generación renovable de tipo eólico y fotovoltaico.

### 5. Competencias Previas

- Aplica técnicas de análisis y de solución de circuitos eléctricos.
- Conoce el funcionamiento de los principales dispositivos semiconductores.
- Comprende el funcionamiento de esquemas de generación fotovoltaica y eólica.

## 6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	<b>Sistemas de generación fotovoltaica</b>	1.1 Modelo de panel fotovoltaico. 1.2 Extensión del modelo en la representación de arreglos. 1.3 Arquitecturas de generación fotovoltaica 1.4 Simulación computacional de sistema fotovoltaico con carga resistiva.
2	<b>Sistemas de generación eólica</b>	2.1 Generales sobre los esquemas de generación eólica. 2.2 Modelado de componentes en cadena de generación eólica. 2.2.1 Turbina horizontal de tres palas. 2.2.2 Acople mecánico. 2.2.3 Generador síncrono de imanes permanentes. 2.2.4 Acoplamiento de modelos. 2.3 Simulación computacional de sistema eólico con carga resistiva.
3	<b>Convertidor conmutado de CD-CD</b>	3.1 Aplicación de convertidores en arreglo fotovoltaico. 3.1.1 Convertidor reductor con carga resistiva. 3.1.2 Convertidor elevador con voltaje de salida anclado. 3.1.3 Convertidor reductor-elevador en arquitectura fotovoltaica serie.
4	<b>Convertidor AC-DC y DC-AC</b>	4.1 Aplicación de rectificador controlado a sistema de generación eólico. 4.2 Aplicación de inversor controlado en sistema fotovoltaico acoplado a red. 4.3 Acoplamiento de inversor en sistema eólico con rectificador controlado.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>Tema 1</b>	
<b>Sistemas de generación fotovoltaica</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza e identifica los factores que intervienen en el proceso de generación eléctrica por medios fotovoltaicos.</p> <p>Analiza, comprende y simula esquemas de generación fotovoltaica en base a modelos matemáticos.</p> <p><b>Genéricas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para la realización de simulaciones computacionales y obtener resultados adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca y analiza información técnica y de divulgación científica sobre la generación de energía con sistemas fotovoltaicos.</li> <li>• Investiga sobre la implementación de diferentes arquitecturas de generación fotovoltaica que se usan en la actualidad.</li> <li>• Utiliza herramientas de simulación computacional para analizar y comprender la operación de generadores con dispositivos fotovoltaicos</li> <li>• Evalúa ventajas y desventajas en la utilización de esquemas de generación fotovoltaica.</li> </ul>
<b>Tema 2</b>	
<b>Sistemas de generación eólica</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza e identifica los factores que intervienen en el proceso de generación eléctrica por medios eólicos.</p> <p>Analiza y simula esquemas de generación eólica en base a modelos matemáticos.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para la realización de simulaciones computacionales y obtener resultados adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca y analiza información técnica y de divulgación científica sobre la generación de energía con sistemas eólicos.</li> <li>• Investiga sobre equipos de generación eólica que actualmente se usan.</li> <li>• Utiliza herramientas de simulación computacional para analizar y comprender la operación de generadores eólicos.</li> <li>• Evalúa ventajas y desventajas en la utilización de generadores eólicos.</li> </ul>
<b>Tema 3</b>	
<b>Convertidores conmutados de CD-CD</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Investiga y analiza estructuras básicas de convertidores conmutados de potencia en sistemas eólicos y fotovoltaicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar y analizar información técnica y de divulgación científica sobre convertidores de CD-CD.</li> </ul>

<p>Implementa convertidores conmutados en aplicaciones renovables.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad para la realización simulaciones computacionales y obtener resultados adecuados.</li> <li>• Identificación de soluciones en la implementación de topologías de convertidores conmutados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar e implementar procesos de modulación para activar interruptores de potencia.</li> <li>• Utiliza herramientas de simulación computacional para analizar y comprender la operación de convertidores en ambientes renovables.</li> <li>• Implementar convertidores conmutados para el procesamiento de energía de esquemas renovables.</li> </ul>
<p><b>Tema 4</b> <b>Convertidor AC-DC y DC-AC</b></p>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identifica la operación del rectificador e inversor trifásico controlado de seis interruptores.</p> <p>Implementa en simuladores la topología del rectificador e inversor controlado trifásico en aplicaciones renovables.</p> <p>Genéricas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad para la realización simulaciones computacionales y obtener resultados adecuados.</li> <li>• Identificación de soluciones para la implementación de inversores y rectificadores en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar y analizar información técnica y de divulgación científica sobre inversores.</li> <li>• Identificar e implementar procesos de modulación para activar interruptores de potencia.</li> <li>• Utiliza herramientas de simulación computacional para analizar y comprender la operación de inversores en ambientes de generación renovables.</li> <li>• Implementar convertidores de tipo conmutado (inversor y rectificador) para el procesamiento de energía de esquemas renovables.</li> </ul>

## 8. Prácticas

1. Simulación matemática de esquemas de generación renovable.
2. Caracterización de dispositivos fotovoltaicos.
3. Simulación de curvas características de turbina eólica.
4. Implementación de procesos de modulación.
5. Operación de convertidores conmutados de CD-CD básicos.
6. Operación de inversor trifásico de seis interruptores.

## 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 meta cognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.

- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

## 11. Fuentes de información

1. D. Grahame Holmes, Thomas A. Lipo, "Pulse Width Modulation for Power Converters: Principles and Practice", Wiley & Sons, 2003.
2. William Shepherd, Li Zhang, "Power Converter Circuits", CRC Press 2004.
3. Josef Lutz, Heinrich Schlangenotto, Uwe Scheuermann, Rik De Doncker, "Semiconductor Power Devices: Physics, Characteristics, Reliability", Springer, 2011.
4. Bose, B. K., "Modern Power Electronics and AC Drives", NJ: Prentice-Hall, 2002.
5. Alok Jain, "Power Electronics: Devices, Circuits and MATLAB Simulations", Penram International Publishing (India) Ltd., 2010.
6. Erickson, R. W., and D. Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", Second Edition. NY: Kluwer Academic Publishers, 2004.
7. Ned Mohan, "Electric Power Systems: A First Course", John Wiley & Sons, 2012.
8. Bin Wu, Yongqiang Lang, Navid Zargari, Samir Kouro, "Power Conversion and Control of Wind Energy Systems", 2011.
9. Shailendra Jain, "Modeling & Simulation using Matlab Simulink", Wiley India Pvt. Limited, 2011.
10. Hadeed Ahmed Sher, "Simulation of Power Electronics Circuits Using SIMULINK", LAP Lambert Academic Publishing, 2014.
11. Mohan, Undeland, Robbins, "Power Electronics Converters Applications and Design", Wiley, 2nd ed., 1995.
12. M.D. Singh, "Power Electronics", McGraw Hill series, 2nd ed., 2012.
13. Makallikarjuna A. Prasad, Balasubba M. Reddy and S. Sivanagaraju, "Power Electronics", Prentice-Hall, 2010.
14. Muhammad H., Rashid, "Electrónica de Potencia", Pearson Education Inc., 2015.