

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Sistemas de generación eólica
<b>Clave de la asignatura:</b>	<u>EEG-1404</u>
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	(3-3-6)
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Energías Renovables

## 2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil de egreso del Ingeniero en Energías Renovables la capacidad para diseñar e implementar sistemas energéticos renovables para promover la competitividad de los sectores productivos y la capacidad para diseñar, implementar y evaluar sistemas de generación eléctrica con fuentes alternativas que operan de forma aislada o interconectada a la red eléctrica.</p> <p>En esta asignatura el estudiante será capaz de analizar, diseñar y desarrollar sistemas eólicos para la generación de energía, obtendrá conocimientos de las tecnologías actuales en energía eólica. El estudiante podrá desarrollar competencias que le permitan interactuar en el área científica, de producción y desarrollo de tecnologías locales.</p> <p>Esta asignatura requiere de las competencias adquiridas en Energía Eólica como el principio aerodinámicos de turbinas horizontales; se requiere del conocimiento de diferentes equipos eléctricos como motores, generadores, inversos, etc adquiridos en las asignaturas de máquinas eléctricas I y máquinas y equipos eléctricos II; es necesario la habilidad para seleccionar los componentes mecánicos requeridos en un aerogenerador, adquiridos en la asignatura de especialidad de sistemas mecánicos y mantenimiento de sistemas mecánicos y eléctricos; se requieren habilidades de usos de software comercial, adquiridos en la asignatura de Sistemas de Simulación de Energías Renovables y habilidades para integrar proyectos, vistos en Formulación y Evaluación de proyectos.</p>
Intención didáctica
<p>Al término de la asignatura el estudiante tiene que ser capaz de seleccionar el sitio adecuado para un generador eólico; diseñar éste considerando el recurso eólico disponible, las cargas que debe soportar la estructura, los materiales de la región y la aplicación para la cual, el generador es requerido, por lo cual es importante que:</p> <p>En los temas 1 y 2 el estudiante emplee códigos que le permitan desarrollar un programa para estimar la potencia que su aerogenerador será capaz de producir. Realizar un</p>

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

manual en el cual plantee el procedimiento adecuado para realizar el diseño del generador, ya sea horizontal o vertical. El estudiante debe conocer cuáles son los principios aerodinámicos que rigen el funcionamiento de un aerogenerador y cuáles son los requerimientos técnicos para elegir el generador eléctrico y el sistema de mecánico de transmisión. Es importante que el profesor dirija el desarrollo de prototipos bajo la normatividad internacional.

En el tema 3 el estudiante debe analizar el comportamiento de la red de distribución eléctrica, conocer las tarifas y seleccionar entre un sistema interconectado a la red o aislado, de tal forma que se logre un ahorro de energía y por lo tanto económico. Siendo este tema muy importante para desarrollar más competencia en los estudiantes, es importante que el profesor dirija visitar a empresas relacionadas con la red de distribución eléctrica y motive a los estudiantes en su participación con la industria.

En el tema 4 se analizan otras formas de aprovechar el recurso eólico como en sistemas dentro de mar, aprovechando el diseño aerodinámico de edificios que permitan la concentración de flujo de viento. También es importante analizar las aplicaciones directas del recurso eólico y de los aerogeneradores in situ.

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

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
21 de Noviembre del 2013  Instituto Tecnológico Superior Progreso	Profesores del Instituto Tecnológico Superior Progreso	<u>Titulo de la reunión, donde se realizó el diseño, consolidación y/o seguimiento curricular.</u>

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseña un sistema eólico para la generación de energía seleccionando los componentes y materiales adecuados para una aplicación específica considerando el recurso local y la tecnología disponible

### 5. Competencias previas

Identifica y selecciona componentes mecánicos Identifica y selecciona componentes eléctricos Realiza instalaciones eléctrica Maneja algún lenguaje de programación. Identifica las propiedades de los materiales Analiza el recurso eólico disponible en un lugar específico Analiza las cargas debidas al viento sobre estructuras. Manejo de instrumentos de medición y calibración.
---

### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Sistemas eólicos horizontales	1.1 Elección de parámetros de diseño 1.1.1 Energía anual disponible 1.1.2 Carga a suministrar 1.1.3 Ubicación del aerogenerador 1.1.4 Tamaño de rotor y altura de torre 1.1.5 Relación de velocidad de punto 1.2 Diseño del rotor 1.2.1 Diseño aerodinámico del rotor 1.2.2 Estimación de cargas 1.2.3 Pruebas en Software del diseño 1.2.4 Selección de materiales 1.2.5 Rediseño del rotor 1.3 Generador y sistema eléctrico 1.3.1 Velocidad constante 1.3.2 Velocidad variable

		<p>1.4 Diseño del sistema de frenado y de orientación.</p> <p>1.5 Diseño de la torre</p> <p>1.5 Evaluación del diseño</p> <p>1.6 Predicción de la curva de potencia</p> <p>1.7 Definición de clase de turbina</p>
2	Sistemas eólicos verticales	<p>2.1 Definición de aplicación</p> <p>2.2 Análisis del recurso local</p> <p>2.3 Diseño aerodinámico del rotor</p> <p>2.3.1 Modelos matemáticos y cálculos</p> <p>2.3.2 Características de diseño</p> <p>2.3.3 Potencia extraíble del viento</p> <p>2.4 Selección de materiales</p> <p>2.5 Cálculo de cargas aerodinámicas</p> <p>2.6 Diseño de la torre</p> <p>2.7 Componentes mecánicos</p> <p>2.8 Generador y sistema eléctricos</p> <p>2.8.1 Velocidad constante</p> <p>2.8.2 Velocidad variable</p> <p>2.9 Sistema de frenado</p> <p>2.10 Pruebas y evaluación</p> <p>2.11 Estimación de la potencia anual</p>
3	Sistemas interconectados y aislados	<p>3.1 Generalidades de la energía eléctrica</p> <p>3.2 Componentes de los sistemas de energía eléctrica</p> <p>3.3 Cálculo mecánico de las líneas de transporte</p> <p>3.4 Cálculo eléctrico completo de una línea</p> <p>3.5 Tarifación de la energía eléctrica</p> <p>3.6 Operación de un sistema interconectado a la red</p> <p>3.6.1 De velocidad variable</p> <p>3.6.2 De velocidad constante</p> <p>3.7 Operación y componentes de un sistema aislado.</p> <p>3.8 Normatividad de CFE para sistemas interconectados</p> <p>3.9. Funcionamiento del sistema eléctrico de CFE.</p> <p>3.10. Cálculo de costos-beneficio y rentabilidad de sistemas interconectado a la red.</p> <p>3.11 Cálculo de factor de potencia, armónicos, forma de señal de generación</p> <p>3.12 Protecciones de sistemas eléctricos</p>
4	Otros sistemas eólicos	<p>4.1 Sistemas eólicos de aplicación directa</p> <p>4.2 Sistemas eólicos dentro del mar</p> <p>4.3 Sistemas híbridos</p> <p>4.4 Granjas eólicas</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1 Sistemas eólicos horizontales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza el proceso de diseño y funcionamiento de los aerogeneradores horizontales para realizar una correcta selección e instalación de éstos sistemas en un sitio específico.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p> <p>Capacidad de investigación</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</p>	<p>Calcular el recurso eólico de un sitio.</p> <p>Realizar un programa para el cálculo de potencia de un aerogenerador horizontal.</p> <p>Realizar una investigación de las tecnologías actuales para fabricar aspas.</p> <p>Realizar una investigación de los materiales para aspas</p> <p>Construir por equipos un rotor sencillo empleando algunos perfiles aerodinámicos.</p> <p>Realizar el montaje experimental rotor-generador-sistema mecánico.</p> <p>Realizar mediciones de salida de potencia del aerogenerador construido.</p> <p>Realizar una recopilación por equipos de las tecnologías actuales de turbinas eólicas pequeñas horizontales.</p>
2 Sistemas eólicos verticales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza el proceso de diseño y funcionamiento de los aerogeneradores verticales para realizar una correcta selección e instalación de éstos sistemas en un sitio específico.</p>	<p>Calcular el recurso eólico de un sitio.</p> <p>Realizar un programa para el cálculo de potencia de un aerogenerador vertical.</p> <p>Realizar una investigación de las tecnologías actuales para fabricar aspas de turbinas verticales.</p> <p>Construir por equipos un rotor sencillo</p>

<p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p> <p>Capacidad de investigación</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</p>	<p>empleando algunos perfiles aerodinámicos.</p> <p>Realizar el montaje experimental rotor-generador-sistema mecánico.</p> <p>Realizar mediciones de salida de potencia del aerogenerador construido.</p> <p>Realizar una recopilación por equipos de las tecnologías actuales de turbinas eólicas pequeñas verticales.</p>
3 Sistemas interconectados y aislados	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analizar el sistema eléctrico para llevarlo a la práctica de una manera acorde a la normatividad.</p> <p>Calcula los costos de instalación para compararlo en el tabulador tarifario de CFE</p> <p>Determina el valor del factor de potencia para la adecuada utilización</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas</p> <p>Capacidad de trabajo en equipo</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</p>	<p>Investigar la normatividad de CFE para la instalación de dispositivos interconectados a la red</p> <p>Analizar el sistema eléctrico para conocer los dispositivos que la componen y su comportamiento en la RED</p> <p>Realizar el cálculo de costos para conocer la rentabilidad de la instalación</p> <p>Realizar el cálculo de potencias para determinar el FP , corregirlo y su buena utilización</p>
4 Otros sistemas eólicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce la operación y el funcionamiento</p>	<p>Realizar una investigación de las aplicaciones de los aerogeneradores</p>

<p>de otros sistemas eólicos para el aprovechamiento de energía en diferentes condiciones geográficas.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas</p> <p>Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación</p>	<p>diferentes a la producción de electricidad.</p> <p>Investigar el principio de funcionamiento y proceso de instalación de las turbinas eólicas en el mar.</p> <p>Analizar casos de diseño para el aprovechamiento del recurso eólico.</p>
--	---

## 8.Práctica(s)

Construcción de un aerogenerador pequeño de eje horizontal.  
 Construcción de un aerogenerador pequeño de eje vertical.  
 Interconexión a la red ( visita a la CFE)

## 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 debe realizarse 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.

Un aspecto innovador e importante en el proceso de formación de los estudiantes es el proyecto de asignatura.

Se genera a partir de la definición de un problema del contexto a resolver y que esté directamente relacionado con la(s) competencia(s) a desarrollar en la asignatura.

- Fundamentación.
- Planeación.
- Ejecución.
- Evaluación.



## 10. Evaluación por competencias

Ficha técnica del aerogenerador  
Reporte de laboratorio  
Rúbrica de exposiciones  
Rúbrica para el procedimiento técnico de diseño del aerogenerador.

## 11. Fuentes de información

- 1.- Wood, D. (2011); Small Wind Turbines; Canada: Springer.
- Burton T., Jenkins N., Sharp D., Bossanyi E. (2011), Wind Energy Handbook, Wiley, Second Edition.
- 2.- Gabriel Valencia Clement (2002) Acción del viento sobre estructuras, Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos, Primera edición.
- 3.- Global Energy Concepts (2005); Evaluation of aeroelastically Tailored Small Wind Turbine Blades; Report # DOE-001; United States Department of Energy.
- 4.- Hau Erich (2006); Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economics; United Kingdom; 2nd Edition, Springer
- 5.- IEC 61400-1, International Standard , Wind Turbines Part 1 Design Requirements, Third Edition, 2005
- 6.- Manwell, J., McGowan, J. & Rogers, A. (2002). Wind Energy Explained. Wiley.
- 7.- Selig M.S., Guglielmo J.J., Broeren A.P. y Giguere P (1995) Summary of Low-Speed Airfoil Data, Vol 1, University of Illinois at Urbana-Champaign, Soartech Publications.
- 8.- Simiu Emil, Escanlan Robert H., Wind effects On Structures, 3ª Edición, John Wiley and Sons Inc
- 9.- UIUC; Airfoil Data Site; Airfoil Coordinates Database; [http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord\\_database.html](http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html) Consultado Enero 2013
- 10.- Hansen M.O.L (2008); Aerodynamics of wind turbines; Second edition, London: earthscan.