

Curso Académico: ( 2023 / 2024 )

Fecha de revisión: 07-06-2023

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Eléctrica

Coordinador/a: SANTOS MARTIN, DAVID

Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0

Curso : 3 Cuatrimestre : 2

**REQUISITOS (ASIGNATURAS O MATERIAS CUYO CONOCIMIENTO SE PRESUPONE)**

Todos los cursos de primer y segundo año . Entre ellos en especial, el de Fundamentos de ingeniería eléctrica. Además es deseable haber cursado la asignatura de "Electric Power Generation" del primer cuatrimestre del tercer curso.

**COMPETENCIAS Y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE**

CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

CG2. Aplicar las herramientas computacionales y experimentales para el análisis, y cuantificación de problemas de ingeniería de la energía.

CG4. Ser capaz de realizar el diseño, análisis, cálculo, construcción, ensayo, verificación, diagnóstico y mantenimiento de dispositivos y sistemas energéticos.

CG7. Evaluar, controlar y reducir el impacto social y medioambiental de las instalaciones y proyectos en el ámbito de la ingeniería de la energía.

CG8. Conocer y manejar la legislación vigente así como las especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento del sector energético.

CG10. Ser capaz de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

CE6 Módulo CRI. Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.

CE8 Módulo CRI. Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas

CE20 Módulo CRI. Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.

CE5 Módulo TE. Capacidad de diseño de centrales eléctricas.

CE8 Módulo TE. Conocimiento aplicado sobre energías renovables.

CE13 Módulo TE. Comprender las relaciones entre las diferentes variables que intervienen en el funcionamiento de los sistemas eléctricos y la cobertura de la demanda de energía eléctrica.

CT1. Capacidad de comunicar los conocimientos oralmente y por escrito, ante un público tanto especializado como no especializado.

CT2. Capacidad de establecer una buena comunicación interpersonal y de trabajar en equipos multidisciplinares e internacionales.

CT3. Capacidad de organizar y planificar su trabajo, tomando las decisiones correctas basadas en la información disponible, reuniendo e interpretando datos relevantes para emitir juicios dentro de su área de estudio.

CT4. Motivación y capacidad para dedicarse a un aprendizaje autónomo de por vida, que les permita adaptarse a nuevas situaciones.

Al terminar con éxito esta materia, los estudiantes serán capaces de:

RA1.1: Tener un conocimiento y comprensión de los principios científicos que subyacen en el ámbito de las tecnologías energéticas.

RA1.3: Tener un conocimiento adecuado de su rama de ingeniería que incluya algún conocimiento a la vanguardia de la energía solar.

RA2.1: Tener la capacidad de aplicar su conocimiento y comprensión para identificar, formular y resolver problemas en el ámbito de las diferentes tecnologías energéticas utilizando métodos establecidos.

RA4.1: Tener la capacidad de realizar búsquedas bibliográficas, utilizar bases de datos y otras fuentes de información.

RA4.3: Tener competencias técnicas y de laboratorio.

RA5.1: Tener la capacidad de seleccionar y utilizar equipos, herramientas y métodos adecuados.

RA5.2: Tener la capacidad de combinar la teoría y la práctica para resolver problemas en el ámbito de las diferentes tecnologías energéticas.

RA6.1: Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo.

RA6.5: Reconocer la necesidad y tener la capacidad para desarrollar voluntariamente el aprendizaje continuo.

## OBJETIVOS

Los estudiantes que completen con éxito este curso serán capaces de:

- Resumir la historia de los aerogeneradores modernos justificando el desarrollo de la tecnología actual. Por otra parte, los estudiantes deben emplear la terminología exacta de los componentes para las aplicaciones más comunes, incluyendo eólica terrestre y marina (offshore), así como la de pequeños aerogeneradores.
- Comprender y utilizar las ecuaciones físicas fundamentales que permiten convertir la energía eólica en energía mecánica y eléctrica.
- Entender la tecnología, así como los sistemas principales criterios de diseño de los aerogeneradores modernos .
- Describir todos los tipos de turbinas de viento y justificar sus principales características. Por otra parte, los estudiantes deben entender los principales modelos matemáticos para los tipos más relevantes, con especial énfasis en las diferentes estrategias de control.
- Identificar los principales fabricantes de aerogeneradores, así como para analizar adecuadamente y comparar las especificaciones técnicas de sus productos .
- Comprender el impacto de la energía eólica, y los principales aspectos de los códigos de red desarrollados para mitigarlos.
- Ser capaces de comprender los resultados de los paquetes de software que usan modelos de aerogeneradores para la evaluación económica o análisis de sistemas de potencia.
- Desarrollar la capacidad para trabajar en equipo y promover la interacción de equipo de forma creativa para fomentar la contribución de todos los miembros con el fin de entregar los proyectos y tareas de ingeniería específicos
- Comprender los objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas (ODS), y en particular del ODS 7, que asegura el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos. Cumplir este objetivo significa invertir en fuentes de energía limpia (solar, eólica o termal) y producir mejoras en las tecnologías para disponer de energías limpias en todos los países en desarrollo, siempre desde un enfoque ostensible con el medio ambiente.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

### 1. Introducción

- Historia del desarrollo de la energía eólica
- Estadísticas del desarrollo de la energía eólica
- Fabricantes actuales y modelos de aerogeneradores
- Mitos de la energía eólica

### 2- Aerodinámica de los sistemas eólicos

- Velocidad del Viento
- Impacto de la fricción y la Altura de la velocidad del viento
- Densidad del aire
- Palas de la turbina eólica
- Ángulo de ataque
- Velocidad relativa del Viento

- Ángulo de pala
  - Coeficiente de Rendimiento
  - Ratio de velocidades de la punta de la pala y la velocidad del viento
  - Calculo de la potencia y par desarrollado por la pala
  - Separación de los WT
- 3- Estadística de viento
- Media, varianza y desviación estándar
  - Función de distribución acumulativa
  - Función de densidad de probabilidad
  - Función de Distribución de Weibull
  - Función de Distribución de Rayleigh
  - Dependencia y repetibilidad
  - Correlación cruzada
- 4- Descripción de los principales tipos de sistemas eólicos
- Clasificación de las turbinas de viento
  - Alineación de eje giratorio
  - Tipos de Generadores
  - Velocidad de rotación
  - Tren de potencia y conversión de energía
  - Sistemas de Control
  - Tipos de sistemas eólicos
  - Sistema eólico Tipo 1
  - Sistema eólico Tipo 2
  - Sistema eólico Tipo 3
  - Sistema eólico Tipo 4
- 5- Componentes de los sistemas eólicos
- Aerodinámico
  - Mecánico
  - Generadores
  - Electrónica de potencia
- 6- Sistema eólico Tipo 1
- Circuito equivalente
  - Flujo de potencia
  - Par Electromagnético
  - Potencia máxima
  - Par máximo
  - Evaluación de sistema Tipo 1
  - Control y Protección del sistema Tipo 1
  - Potencia Reactiva del sistema Tipo 1
  - Corriente de magnetización
  - Estabilidad de la turbina
- 7- Sistema eólico Tipo 2
- Circuito equivalente
  - Potencia real
  - Par electromagnético
  - Evaluación del sistema Tipo 2
  - Control y protección del sistema tipo 2
  - Corriente de magnetización
  - Estabilidad de la turbina
- 8- Sistema eólico Tipo 3
- Circuito Equivalente
  - Modelo simplificado
  - Flujo de potencia
  - Flujo de potencia aparente a través del convertidor lado rotor
  - Flujo de potencia aparente a través del convertidor lado estator
  - Sistema de control
  - Protección eléctrica
  - Protección Electromecánica
- 9- Sistema eólico Tipo 4
- Convertidor de potencia

- Sistema de control
- Flujo de potencia
- Control de Potencia real
- Control de Potencia Reactiva
- Protección

#### 10- Integración en red de la energía eólica

- Estabilidad del Sistema
- Capacidad de respuesta ante huecos de tensión
- Variabilidad de la Producción de Energía Eólica
- La incertidumbre de la velocidad del viento
- Variabilidad de la producción de energía eólica
- Control de Potencia reactiva de los sistemas eólicos

#### 11- Economía de la Energía Eólica

### ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

El método docente consistirá en:

- clases magistrales que desarrollaran los temas principales del programa del curso.
- resolución de problemas propuestos en cuestionarios.
- sesiones de resolución de problemas simples de carácter práctico.

Se realizarán 3 prácticas de laboratorio y se resolverán problemas con el uso de paquetes de software específicos.

### SISTEMA DE EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA (C1): EVALUACIÓN CONTINUA (E1) y EXAMEN FINAL (E2):

- (E1) Evaluación continua (45% del total)

- Dos exámenes computaran el 45% de la evaluación continua.

Consistirá en la resolución de problemas numéricos y preguntas de carácter teórico .

- (E2) Examen final (55% de la calificación total)

Consistirá en la resolución de problemas numéricos y preguntas de carácter teórico que cubren todo el contenido del curso.

$$C1 = 0,45 * E1 + 0,55 * E2$$

Nota: para poder aprobar por la convocatoria ordinaria (C1) es obligatorio asistir a todas las sesiones de laboratorio y haber asistido al menos a 10 sesiones de problemas, habiendo demostrado la resolución de todos los problemas al final de la clase. Además, E2 tiene que ser mayor o igual a 3,0 / 10.

### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA (C2)

- 100% de la nota será el resultado de un examen final (E3) que consistirá en la resolución de problemas numéricos y preguntas de carácter teórico que cubrirán todo el contenido del curso.

$$C2 = E3$$

Nota: para poder aprobar por la convocatoria extraordinaria (C2) es obligatorio asistir a todas las sesiones de laboratorio.

<b>Peso porcentual del Examen Final:</b>	55
<b>Peso porcentual del resto de la evaluación:</b>	45

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Alois Schaffarczyk (Editor) Understanding Wind Power Technology: Theory, Deployment and Optimisation, Wiley, 2014
- By Mohamed A. El-Sharkawi Wind Energy: An Introduction, CRC Press, 2015
- Gonzalo Abad, Jesus Lopez, Miguel Rodriguez, Luis Marroyo, Grzegorz Iwanski Doubly Fed Induction Machine: Modeling and Control for Wind Energy Generation, Wiley-IEEE Press, 2011
- James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers Wind Energy Explained: Theory, Design and Application, 2nd Edition, Wiley, 2009
- Olimpo Anaya-Lara, Nick Jenkins, Janaka Ekanayake, Phill Cartwright, Michael Hughes Wind Energy Generation: Modelling and Control, Wiley, 2009
- Thomas Ackermann (Editor) Wind Power in Power Systems, 2nd Edition, Wiley, 2012

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Bin Wu, Yongqiang Lang, Navid Zargari, Samir Kouro Power Conversion and Control of Wind Energy Systems, Wiley, 2011
- Paul A. Lynn Onshore and Offshore Wind Energy An Introduction, Wiley, 2012
- R. Nolan Clark Small Wind - Planning and Building Successful Installations, Elsevier, 2013
- Siegfried Heier Grid Integration of Wind Energy: Onshore and Offshore Conversion Systems, 3rd Edition, Wiley, 2014
- Tony Burton, Nick Jenkins, David Sharpe, Ervin Bossanyi Wind Energy Handbook, 2nd Edition, Wiley, 2011

#### RECURSOS ELECTRÓNICOS BÁSICOS

- Naciones Unidas . Objetivos de desarrollo sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>