

Curso Académico: ( 2019 / 2020 )

Fecha de revisión: 30-04-2019

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Eléctrica

Coordinador/a: SANTOS MARTIN, DAVID

Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0

Curso : 1 Cuatrimestre : 1

#### MATERIAS QUE SE RECOMIENDA HABER SUPERADO

Es conveniente que los alumnos tengan conocimientos de sistemas de energía eléctrica: teoría de circuitos y máquinas eléctricas. Asimismo resulta deseable un conocimiento básico en teoría de sistemas y accionamientos eléctricos.

#### COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE Y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE.

- 1- Adquirir conocimientos adecuados de Energías renovables: recursos y tecnología. Deberán conocer con más detalle aquellas energías más frecuentes en nuestro entorno: energía eólica.
- 2- Adquirir conocimientos adecuados de Ingeniería eléctrica aplicados a la eólica.
- 3- Adquirir conocimientos adecuados de Gestión industrial de proyectos y empresas de energías renovables: eólica
- 4- Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas de energías renovables: eólica.
- 5- Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares que diseñen o ejecuten proyectos de energías renovables: eólica.
- 6- Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos en relación con las energías renovables: eólica
- 7- Realizar la planificación estratégica y aplicarla a sistemas de energías renovables: eólica.
- 8- Gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos relacionados con las energías renovables: eólica.
- 9- Seguir la evolución tecnológica de las energías renovables (eólica) y tener conocimiento prospectivo de esta evolución.

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

- 1- 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.
- 2- Comprender y utilizar las ecuaciones físicas fundamentales que permiten convertir la energía eólica en energía mecánica y eléctrica.
- 3- Entender la tecnología, así como los sistemas principales criterios de diseño de los aerogeneradores modernos .
- 4- 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.
- 5- Identificar los principales fabricantes de aerogeneradores, así como para analizar adecuadamente y comparar las especificaciones técnicas de sus productos .
- 6- Comprender el impacto de la energía eólica, y los principales aspectos de los códigos de red desarrollados para mitigarlos.
- 7- 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.
- 8- 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
- 9- Conocer las necesidades sociales y energéticas de la energía eólica, así como de sus ventajas e inconvenientes
- 10- Conocer la normativa que afecta directamente al uso de la energía eólica a nivel mundial, así como de su origen, su vigencia y su aplicación, y en particular la IEC-61400.
- 11- Capacidad de dimensionado/diseño de plantas productoras de electricidad a partir de energía

eólica.

- 12- Comprender cada una de las partes constitutivas de los los elementos que pueden conformar un aerogenerador.
- 13- Tener la capacidad para seleccionar los componentes más apropiados dentro de los comercialmente disponibles.
- 14- Conocer los requisitos exigidos para la integración de la energía eólica en la red eléctrica, y en los mercados de energía eléctrica.
- 15- Tener la capacidad de aplicar los conceptos de control y regulación en plantas de generación eólica.
- 16- Tener la capacidad de evaluar la viabilidad y gestionar proyectos y empresas de energía eólica.
- 17- Tener la capacidad de desarrollo de trabajos originales sobre un tema de la titulación, bajo supervisión, en el que se sintetizen las competencias adquiridas en las enseñanzas.
- 18- Tener la capacidad de exposición y defensa de proyectos realizados y sus conclusiones.

## 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- Descripción de los sistemas eólicos en tierra firme, en alta mar y de pequeña potencia

- Aerodinámico
- Mecánico
- Eléctrico

### 3- Aerodinámica de las turbinas de viento

- Conceptos generales de aerodinámica
- Teoría del momento unidimensional y el límite de Betz
- Procedimiento de cálculo de rendimiento del rotor eólico
- Un ejemplo del proceso de diseño del rotor eólico
- Estado del arte y diseños futuros

### 4- Introducción a los cálculos de cargas estáticas y dinámicas de los aerogeneradores

- Cargas de turbinas de viento y diseño estandarizado
- Cargas dinámicas de las turbinas de viento
- Fatiga y frecuencias resonantes

### 5- Componentes eléctricos de los sistemas eólicos

- Información general
- Los transformadores de potencia
- Máquinas eléctricas
- Convertidores de potencia

### 6- Sistemas de control de aerogeneradores

- Introducción
- Descripción de los sistemas de control de aerogeneradores
- Funcionamiento típico de la turbina conectada a la red
- Introducción a los sistemas de supervisión y control (SCADA)
- Algoritmos de control dinámico
- Descripción de los principales tipos de sistemas eólicos

### 7- 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

### 8- 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

#### 9- 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

#### 10- Sistema eólico Tipo 4

- Convertidor de potencia
- Sistema de control
- Flujo de potencia
- Control de potencia activa
- Control de potencia Reactiva
- Protección

#### 11- Calidad de la potencia de los sistemas eólicos

- Introducción
- Variaciones de tensión
- Flicker
- Armónicos
- Transitorios: capacidad de los diferentes sistemas eólicos frente a los huecos tensión
- Frecuencia

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

El método docente consistirá en clases magistrales y el desarrollo de un proyecto elegido por el alumno en equipo ("project based learning").

Las clases magistrales serán impartidas por profesores de la Universidad Carlos III y se invitará a algún especialista de la industria en los temas tratados.

Las últimas clases serán presentadas por los propios alumnos con los proyectos que desarrollaran a lo largo de toda la asignatura.

Se realizará una práctica de laboratorio y se resolverán problemas con el uso de paquetes de software específicos.

### SISTEMA DE EVALUACIÓN

En la convocatoria ordinaria los alumnos tendrán que entregar un informe del proyecto elegido, presentar los resultados y realizar un examen final oral.

En la convocatoria extraordinaria los alumnos tendrán que realizar un examen escrito, y el peso porcentual de este examen en la nota final será de un 100%.

<b>Peso porcentual del Examen Final:</b>	0
<b>Peso porcentual del resto de la evaluación:</b>	100

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Roger Wind Energy Explained: Theory, Design and Application, 2nd Edition, Wiley, 2009
- John Dalsgaard Sørensen, Jens N Sørensen Wind Energy Systems: Optimising Design and Construction for Safe and Reliable Operation, Elsevier, 2010
- José Luis Rodríguez Amenedo, Juan Carlos Burgos, Santiago Arnalte Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica, Rueda, 2003
- Mohamed A. El-Sharkawi Wind Energy: An Introduction, CRC Press, 2015
- 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
- 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
- Olimpo Anaya-Lara, David Campos-Gaona, Edgar Moreno-Goytia, Grain Adam Offshore Wind Energy Generation: Control, Protection, and Integration to Electrical Systems, Wiley, 2014
- R Clark Small Wind, 1st Edition Planning and Building Successful Installation, Elsevier, 2013
- Tony Burton, Nick Jenkins, David Sharpe, Ervin Bossanyi Wind Energy Handbook, 2nd Edition, Wiley, 2011