

# LA ENERGÍA EÓLICA Y SUS APLICACIONES

Curso 2011/2012

(Código:28803167)

## 1.PRESENTACIÓN

La energía eólica ha sobrepasado recientemente a la energía nuclear en potencia nominal instalada en España. Este hecho histórico ha marcado un nuevo punto de inflexión en la implantación de sistemas de energía sostenibles que nos garanticen un futuro un futuro en equilibrio con nuestro entorno a nosotros y a las futuras generaciones. Pero la electricidad generada con sistemas eólicos tiene una serie de características que hacen que se precise personal especializado para su instalación, mantenimiento, diseño y gestión, y esta asignatura se marca como objetivo básico formar especialistas en estos sistemas.

La asignatura va dirigida a todos los que deseen desarrollar una actividad profesional en el área de los sistemas de energía eólica (bien sean aislados o conectados a la red), y adquirir el nivel suficiente no sólo para comprender perfectamente el funcionamiento de dichos sistemas y el de sus componentes, sino también para poder intervenir en el diseño, cálculo e instalación de los mismos.

El objetivo de esta asignatura dentro de los temas que se cubren en la misma, se analiza el recurso básico necesario para la producción de energía eólica, el viento y el emplazamiento donde se ubicarán las máquinas eólicas (aerogeneradores). Analizando a continuación los condicionantes técnicos de estos sistemas, tanto en sus características mecánicas como eléctricas, factores que han de tenerse en cuenta en el dimensionado, tanto técnico como económico. En este dimensionado se analizan las distintas opciones: sistemas aislados, conectados a redes débiles o a redes grandes, sistemas marinos, etc.

Por último, los temas referentes al montaje, instalación y mantenimiento de los mismos, desde el punto de vista más importante en esta fase del proceso, la seguridad de las instalaciones. El objetivo de la asignatura es, por tanto, la formación completa en las aplicaciones prácticas de la energía eólica. Así, los técnicos y profesionales de ramas afines que deseen actualizar sus conocimientos en esta nueva área técnica obtendrán la formación necesaria bien con vistas a investigar en este o para extender su campo de trabajo actual, encontrando en esta asignatura el instrumento idóneo para ello.

## 2.CONTEXTUALIZACIÓN

En relación con los títulos oficiales y condiciones de acceso y admisión a este Master en Investigación, esta asignatura viene a completar y ampliar los conocimientos adquiridos por los alumnos en las disciplinas referidas a la Ingeniería Eléctrica en relación con la generación de la energía eléctrica. Por tanto desarrolla, con más extensión temática y con un mayor nivel de intensidad conceptual y de aplicación, los aspectos científicos y tecnológicos del funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica y del aprovechamiento del viento como recurso energético.



Esta asignatura forma parte del Módulo II que corresponde a los contenidos específicos optativos del itinerario o especialidad “Energías Renovables”. Esta asignatura, junto a las demás incluidas en el mismo itinerario, constituye la oferta de contenidos específicos que permiten al estudiante particularizar o diseñar según su interés su formación investigadora. Teniendo en cuenta la lógica relación que hay entre los contenidos de las asignaturas que forman cada especialidad, cada itinerario se ha definido como una materia que está compuesta por seis asignaturas, de 5 ECTS cada una, de las que el estudiante debe elegir y cursar cuatro.

### 3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Los conocimientos previos para cursar esta asignatura corresponden a los fundamentos o principios básicos de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica de Fluidos, Máquinas Eléctricas y Máquinas Hidráulicas, así como todo lo relacionado con la Tecnología Eléctrica.

### 4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conforme a la orientación formativa que introduce el EEES y a partir de los contenidos de la asignatura, los resultados del aprendizaje previstos son:

- Analizar el recurso básico necesario para la producción de energía eólica, el viento y el emplazamiento donde se ubicarán las máquinas eólicas o aerogeneradores.
- Analizar los condicionantes técnicos de estos sistemas, tanto en sus características mecánicas como eléctricas, factores que han de tenerse en cuenta en el dimensionado, tanto técnico como económico.
- Analizar las distintas opciones: sistemas aislados, conectados a redes débiles o a redes grandes, sistemas marinos, etc.
- Comprender todo lo referente al montaje, instalación y mantenimiento de los mismos, desde el punto de vista de la seguridad de las instalaciones.

### 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

#### Unidad Didáctica 1: DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS EÓLICOS

- Introducción: Desarrollo mundial de la energía eólica.
- Capítulo 1 – Principios de conversión de la energía eólica.
  - 1.1 Recursos eólicos
  - 1.2 Aerodinámica
  - 1.3 Cálculo energético
- Capítulo 2 – Tecnología de los aerogeneradores
  - 2.1 Clasificación de las turbinas eólicas
  - 2.2 El rotor y su diseño
  - 2.3 Sistemas de transmisión eléctricos y de control
  - 2.4 La torre
  - 2.5 El generador eléctrico
  - 2.6 Análisis estructural
- Capítulo 3 – Sistemas de regulación y control
  - 3.1 Sistema de orientación
  - 3.2 Sistemas aerodinámicos de control
  - 3.3 Sistemas de regulación de velocidad



- Capítulo 4 – Control del generador eléctrico
  - 4.1 Convertidores electrónicos
  - 4.2 Generadores de inducción
  - 4.3 Generadores asíncronos
  - 4.4 Generadores síncronos
- Capítulo 5 – Tipología de sistemas eólicos
  - 5.1 Sistemas autónomos
  - 5.2 Sistemas conectados a red
  - 5.3 Parques eólicos terrestres y marinos

## **Unidad Didáctica 2: INSTALACIÓN DE SISTEMAS EÓLICOS**

- Capítulo 6 – Calidad de la energía eléctrica de los aerogeneradores
  - 6.1 Calidad de la onda
  - 6.2 Variación de la frecuencia
  - 6.3 Fluctuaciones de la tensión y flicker
  - 6.4 Transitorios y sobretensiones
  - 6.5 Medidas correctivas
- Capítulo 7 – Instalaciones eléctricas en los parques eólicos
  - 7.1 Instalaciones de baja tensión
  - 7.2 Centros de transformación
  - 7.3 Redes de media tensión
  - 7.4 Subestaciones
  - 7.5 Protecciones contra descargas
- Capítulo 8 – Supervisión y telecontrol en los parques eólicos
  - 8.1 El sistema SCADA
  - 8.2 Telecontrol en los parques eólicos
  - 8.3 Operación y mantenimiento de los parques eólicos
  - 8.4 Protección frente a las tormentas
  - 8.5 Seguridad eléctrica en las instalaciones de sistemas eólicos
- Capítulo 9 – Integración de los parques eólicos en la red eléctrica
  - 9.1 Condiciones de conexión
  - 9.2 Análisis estáticos
  - 9.3 Estabilidad transitoria
  - 9.4 Predicción de la producción eólica
- Capítulo 10 – Aspectos socioeconómicos de los parques eólicos
  - 10.1 Aspectos económicos
  - 10.2 Parámetros económicos-financieros
  - 10.3 Balance económico de un parque eólico
  - 10.4 Análisis de viabilidad de un proyecto eólico
  - 10.5 Aspectos medioambientales
- Capítulo 11 - Aerogeneradores marinos (Off-shore)
  - 11.1 Condiciones eólicas en el mar
  - 11.2 Parques eólicos marinos conectados en red
  - 11.3 Investigaciones sobre la energía eólica en el mar
  - 11.4 Cimentaciones de los aerogeneradores marinos
  - 11.5 Economía eólica marina
  - 11.6 Los aerogeneradores marinos en el mundo
- Capítulo 12 - Instalación, montaje y mantenimiento de parques eólicos
  - 12.1 Instalación de sistemas eólicos
  - 12.2 Selección del emplazamiento



- 12.3 Pruebas y mediciones de datos previas
- 12.4 Montaje de sistemas eólicos terrestres
- 12.5 Montaje de sistemas eólicos marinos
- 12.6 Seguridad en el montaje de sistemas eólicos
- 12.7 Mantenimiento de sistemas eólicos

## 6.EQUIPO DOCENTE

- [JOSE CARPIO IBAÑEZ](#)

## 7.METODOLOGÍA

La asignatura “*La energía eólica y sus aplicaciones*” se impartirá a distancia siguiendo el modelo educativo propio de la UNED. Desde el punto de vista metodológico tiene las siguientes características generales:

- Como se ha indicado es una asignatura "a distancia". De esta forma, además de la bibliografía básica impresa, el estudiante dispondrá del Curso virtual de la asignatura, al que se tendrá acceso a través del portal de enseñanza virtual UNED-e, y del espacio específico de la misma existente en el servidor en Internet del DIEEC. Tanto en uno como en otro, se incluirá todo tipo de información y documentos (artículos, informes, memorias estadísticas, etc.) que necesite para su consulta y/o descarga.
- Dado que el trabajo autónomo del estudiante es mayoritario, la carga de trabajo que le supondrá la asignatura dependerá fundamentalmente de sus circunstancias personales y laborales. A través de los foros generales del curso virtual y del contacto personal mediante del correo electrónico, se le guiará y aconsejará sobre el ritmo de trabajo que debe llevar para que el seguimiento de la asignatura sea lo más regular y constante posible.
- Además de esos recursos de comunicación individuales, se fomentará la comunicación a través de los demás recursos educativos técnicos y de comunicación de los que dispone el modelo de la UNED como, por ejemplo, videoconferencias, programas de radio y/o televisión, presentaciones y conferencias en reservorios digitales, etc.
- La asignatura tiene un importante carácter teórico debido a los temas que aborda y a los objetivos propuestos. Sin embargo, en su desarrollo se prestará una especial atención a los aspectos prácticos (resolución de problemas y realización de prácticas mediante programas informáticos de simulación) que permitan afianzar esos conocimientos teóricos y ayudar a llevar el seguimiento regular y constante previsto.

Cronológicamente el estudiante debe estudiar y preparar cada tema siguiendo el orden dado a los contenidos, ya que cada uno se apoya en los anteriores.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788472071391

Título: SISTEMAS EÓLICOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (2003)

Autor/es: Rodríguez Amenedo, J.L., Burgos Díaz, J. C., Arnalte Gómez, S. ;

Editorial: Rueda S. L.

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación



#### Comentarios y anexos:

La bibliografía básica para el seguimiento de la asignatura es la indicada a continuación:

- a) Libros (material impreso que el estudiante deberá adquirir o conseguir en biblioteca):
  - Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica (2003). J.L. Rodríguez Amedo, J.C. Burgos Díaz, S. Arnalte Gomez (coordinadores).
- b) Documentos electrónicos (archivos que el estudiante deberá consultar y/o descargar y que estarán disponibles tanto en el Curso Virtual de la UNED como en la página de la asignatura en la web del DIEEC):
  - Guía de la asignatura “*La energía eólica y sus aplicaciones*”. Realizada por el Equipo Docente de la asignatura, DIEEC-UNED.
  - Documentos, informes técnicos y memorias estadísticas, públicos, etc. de Asociaciones tan importantes como: EWEA (European Wind Energy Association), AWEA (American Wind Energy Association) Global Wind Energy), AEE (Asociación Empresarial Eólica), APA (Asociación de Productores de Energías Renovables), la Comisión Nacional de la Energía, etc.
  - Artículos técnicos de revistas del sector eólico.

## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

#### Comentarios y anexos:

Existe una gran cantidad de libros en el mercado y en las bibliotecas universitarias que pueden ser consultados por los estudiantes como bibliografía complementaria para preparar la asignatura y profundizar en aquellos temas concretos que deseen. En el documento electrónico “*Guía de la asignatura La energía eólica y sus aplicaciones*”, elaborado y actualizado cada curso por el Equipo docente de la asignatura, se incluirán esas referencias bibliográficas, ordenadas y comentadas en relación a las dos Unidades en los que se ha dividido el contenido de la asignatura.

A modo de ejemplo y sin querer ser exhaustivos se indican los siguientes:

- *Energía Eólica Práctica*. P. Gipe. Ed. Progensa, 2000.
- *Diseño de Máquinas Eólicas de Pequeña Potencia*. M.A. Rosato. Ed. Progensa, 1991.
- *Monografías técnicas de energías renovables – Energía eólica*. M. Castro, e I. Cruz. Ed. Progensa, 1997.
- *Sistemas de Bombeo Eólicos y Fotovoltaicos*. M. Castro, A. Colmenar, M. Perez Garcia. J.M. Perulero y R.P. Fiffe. Ed. Progensa, 2003.
- *Biblioteca Multimedia de las Energías Renovables*, A. Colmenar y M. Castro. Ed. CENSOLAR, 1998.
- *Wind Energy Handbook*, T. Burton y otros. Ed. Wiley, 2001.
- *Wind and Solar Power Systems*, M.R. Patel, Ed. CRC, 1999.
- *Wind Power Plants*, R. Gasch y J. Twele, Ed. Solar Praxis, 2002.
- *Energía Eólica*, M. Villarrubia, Ed. CEAC, 2004.
- *Energía Eólica, Teoría, Conceptos y Cálculo práctico de las instalaciones*. D. Le Gourièrè. Ed. MASSON, S.A. (Este libro está descatalogado pero posiblemente en librerías de segunda mano o bibliotecas, podrá encontrarlo, es muy bueno).
- *Renewable Energy*, B. Sorensen. Ed. Academic Press, 1999.
- *Wind Energy Fact (Volumen 1, 2, 5)*

## 10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO



### Curso virtual

La plataforma aLF de e-Learning de la UNED proporcionará el adecuado interfaz de interacción entre el alumno y sus profesores. aLF es una plataforma de e-Learning y colaboración que permite impartir y recibir formación, gestionar y compartir documentos, crear y participar en comunidades temáticas, así como realizar proyectos online. Se ofrecerán las herramientas necesarias para que, tanto el equipo docente como los estudiantes, encuentren la manera de compaginar tanto el trabajo individual como el aprendizaje cooperativo.

#### Videoconferencia

La videoconferencia se contempla como una posibilidad de comunicación bidireccional síncrona con los estudiantes, tal y como se recoge en el modelo metodológico de educación distancia propio de la UNED. La realización de videoconferencias se anunciara a los estudiantes con antelación suficiente en el curso virtual de la asignatura.

#### Software para prácticas.

En la "Visita guiada sobre la energía eólica", que contiene una serie de programas de cálculo como: Rosa de los vientos, Velocidad del viento, Sombras del viento, Trazador de gráficos de distribución de Weibull, Trazador de la velocidad del viento, Velocidad del viento, Potencia del viento, Sombras de las turbinas, cálculos económicos de la energía del viento. Diseño de ruidos. La versión educativa, de libre distribución, se puede descargar de Internet de la dirección <http://www.windpower.org>

## 11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización de los alumnos se llevará a cabo a través de la plataforma de e-Learning aLF o directamente por correo electrónico con el equipo docente:

José Luis del Valle-Inclán Bolaño.

[valle@ieec.uned.es](mailto:valle@ieec.uned.es)

## 12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Conforme al espíritu del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), el proceso de evaluación es continuo a lo largo del curso y está de acuerdo con la carga de trabajo, la organización del contenido y el calendario dados en la Guía de la Asignatura. El estudiante deberá realizar una serie de ejercicios y trabajos propuestos en cada uno de los cuatro temas y, al final, un trabajo crítico de síntesis de la asignatura. También existe una Prueba Presencial con dos convocatorias (ordinaria en junio y extraordinaria en septiembre).

La nota de la asignatura se obtendrá fundamentalmente a partir de todos esos ejercicios y trabajos que se realizan a lo largo del curso y que corresponden a la evaluación continua de conocimientos a distancia. La participación del estudiante en la asignatura a lo largo del curso (foros, cursos virtuales, consultas, etc.) también será tenida en cuenta.

Los pesos de estos métodos de evaluación serán: un 50 % a partir de los ejercicios propuestos y el trabajo final, un 30% de la Prueba Presencial y un 20 % de la participación en el curso. En cualquier caso, para aplicar estos porcentajes es necesario aprobar la Prueba Presencial.



### 13.COLABORADORES DOCENTES

■ JOSE LUÍS VALLE-INCLAN BOLAÑO

