



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



# Guía docente de la asignatura

## Energía Eólica

**Titulación: Grado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía**

# Guía Docente

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Energía Eólica		
<b>Materia</b>	Mecánica de Fluidos/ Electricidad		
<b>Módulo</b>	Optativa		
<b>Código</b>	517109002		
<b>Titulación/es</b>	Grado en INGENIERÍA DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÍA		
<b>Plan de estudios</b>	2010		
<b>Centro</b>	ESCUELA DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS Y DE INGENIERÍA DE MINAS		
<b>Tipo</b>	Optativa		
<b>Periodo lectivo</b>	Segundo Cuatrimestre	<b>Curso</b>	4º
<b>Idioma</b>			
<b>ECTS</b>	3	<b>Horas / ECTS</b>	30
<b>Carga total de trabajo (horas)</b>			90
<b>Horario clases teoría</b>		<b>Aula</b>	
<b>Horario clases prácticas</b>		<b>Lugar</b>	

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable (I)</b>	Antonio Sánchez Kaiser		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
<b>Área de conocimiento</b>	Mecánica de Fluidos		
<b>Ubicación del despacho</b>	2º Planta – Antiguo Hospital de Marina		
<b>Teléfono</b>	968 32 5984	<b>Fax</b>	968 32 5999
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:antonio.kaiser@upct.es">antonio.kaiser@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~ditf/">http://www.upct.es/~ditf/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Lunes 11 a 14 h Jueves 11 a 14 h		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Dpto. de Ingeniería Térmica y de Fluidos		

<b>Perfil Docente e investigador</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Experiencia docente</b>	Asignaturas impartidas: Mecánica de Fluidos, Mecánica de Fluidos Aplicada, Ingeniería de los Sistemas Eólicos, Energía Eólica, Mecánica de Fluidos Computacional
<b>Líneas de Investigación</b>	Simulación de Flujos de Fluidos, Transferencia de calor, Energía eólica
<b>Experiencia profesional</b>	
<b>Otros temas de interés</b>	

<b>Profesor responsable (II)</b>	Francisco Sánchez Fernández		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
<b>Área de conocimiento</b>	Mecánica de Fluidos		
<b>Ubicación del despacho</b>	2º Planta – Antiguo Hospital de Marina		
<b>Teléfono</b>	968 32 5980	<b>Fax</b>	968 32 5999
<b>Correo electrónico</b>	psanchezf90@gmail.com		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.upct.es/~ditf/">http://www.upct.es/~ditf/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	(confirmar en aula virtual)		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Dpto. de Ingeniería Térmica y de Fluidos		

<b>Perfil Docente e investigador</b>	Investigador colaborador con venia docendi
<b>Experiencia docente</b>	Asignaturas impartidas: Mecánica de Fluidos
<b>Líneas de Investigación</b>	Simulación de flujos de fluidos con CFD
<b>Experiencia profesional</b>	
<b>Otros temas de interés</b>	

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

La adquisición de competencias relacionadas con el campo de la electricidad y la mecánica de fluidos resulta básico para el conocimiento y comprensión de la energía eólica, ya que esta fuente de energía renovable lleva asociada una gran cantidad de conceptos técnicos a los que el alumno ha de estar familiarizado y conocer en profundidad. En este contexto, tanto la electricidad como la mecánica de fluidos suponen dos partes necesarias y

complementarias desde la que abordar con solvencia la conversión energética asociada con la fuente eólica, estudiando las vías de obtener un rendimiento elevado y de maximizar por tanto la energía neta aprovechable.

### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura contribuye a desarrollar competencias relacionadas con la transformación de energía. En particular, se incide en la conversión de energía en electricidad y el aprovechamiento y optimización de la energía proveniente del viento. Se analizarán los aspectos que hacen posible la maximización de esta energía, para ello se realizará una pequeña introducción al modelado y control de generadores eólicos.

Dada la importancia relativa que posee dentro de la generación de energía eléctrica la cuota correspondiente a energía eólica, así como la relevancia que se espera vaya adquiriendo en un futuro cercano, esta asignatura puede considerarse imprescindible dentro del perfil de cualquier profesional relacionado con la Ingeniería Eléctrica.

### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura *Energía Eólica* se ubica en el primer cuatrimestre del cuarto curso. Se trata de una asignatura que se imparte al final de la titulación, una vez que ya se tienen conocimientos de Mecánica de Fluidos y de otras asignaturas de electricidad relacionadas.

### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Esta asignatura se imparte al final de la titulación y precisa del conocimiento de otras materias previas relacionadas con la Electricidad y con la Mecánica de Fluidos. Por ello, los conocimientos impartidos con anterioridad en las asignaturas:

- Máquinas Eléctricas
- Instalaciones Eléctricas
- Centrales Eléctricas y Energías Renovables
- Mecánica de fluidos,

constituyen un requisito indispensable.

### 3.6. Medidas especiales previstas

El alumno/a que por circunstancias concretas pueda necesitar de medidas especiales deberá comunicarlo al profesor responsable al inicio del cuatrimestre. Éste intentará, en la medida de lo posible, facilitar el seguimiento oportuno de la asignatura.



## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

Las competencias básicas del plan de estudios se basan en las recogidas en el R.D. 861/2010. Son las siguientes:

- ☒ **-G1-**Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con las Energías Renovables.
- ☐ **-G2-**Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- ☒ **-G3-**Saber comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- ☒ **-G4-**Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- ☒ **-G5-**Ser capaces de realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas relacionadas con el ámbito de las Energías Renovables.
- ☒ **-G6-**Ser capaces de fomentar, en contextos profesionales, el avance tecnológico, social y cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

Las competencias generales que aparecen en la Orden CIN 351/2009 son:

- ☐ **-E1.1.-**Conocimiento en las materias básicas matemáticas, física, química, organización de empresas, expresión gráfica, estadística e informática, que capaciten al alumno para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías.
- ☒ **-E1.2.-**Conocimientos en materias tecnológicas para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- ☒ **-E1.3.-**Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.
- ☒ **-E2.1.-**Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos específicos adquiridos, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización en función de la ley de atribuciones profesionales.
- ☒ **-E2.2.-**Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- ☒ **-E2.3.-**Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
- ☒ **-E2.4.-**Capacidad de dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en la competencia E2.1, así como de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones.

#### 4.3. Competencias específicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

E1.2 Conocimientos en materias tecnológicas para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

E2.3 Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

#### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

##### ***I. COMPETENCIAS INSTRUMENTALES***

I.I. Capacidad de análisis y síntesis

I.II. Comunicación oral y escrita en lengua propia

##### ***II. COMPETENCIAS INTERPERSONALES***

II.I. Aprendizaje autónomo

II.II. Adaptación a nuevas situaciones

##### ***III. COMPETENCIAS SISTEMÁTICAS***

III.I. Creatividad e innovación

III.II. Motivación por la calidad

#### 4.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura

1. Comprender la generación del viento a escala local y global.
2. Determinar la energía aprovechable del viento.
3. Determinar los parámetros del viento que influyen en la configuración de un motor eólico.
4. Identificar los criterios para la selección de emplazamientos.
5. Conocer los métodos de medición del viento.
6. Clasificar los datos de viento mediante la ley de Weibull.
7. Calcular el potencial de producción de electricidad.
8. Caracterizar cada una de las partes que componen un sistema eólico de eje horizontal.
9. Conocer los principios de aerodinámica en los que se basa la obtención de potencia.
10. Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de aire y el rotor.
11. Diseñar el rotor de un aerogenerador en función de las condiciones para las que va a ser utilizado.
12. Conocer los aspectos fundamentales que caracterizan el funcionamiento de un parque eólico.
13. Diseñar sistemas eólicos aislados de pequeña potencia.
14. Reconocer las aplicaciones de la energía eólica dentro de las fuentes de energías renovables.
15. Diferenciar los diferentes tipos de configuración de aerogeneradores, sus características y sus limitaciones más significativas.
16. Analizar los esquemas de control básicos empleados en aerogeneradores.
17. Saber evaluar el potencial de energía eólica disponible a partir de simulaciones.

## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos (según el plan de estudios)

Características del viento. El recurso eólico. Energía producida por un aerogenerador. Partes de un sistema eólico. Teoría aerodinámica de pala de un rotor eólico. Diseño de un rotor eólico. Parques eólicos: descripción y estudios de viabilidad. Proyecto de parques eólicos.

### 5.2. Programa de teoría

#### UD 1. Aspectos generales de la energía eólica

Historia de la energía eólica. Introducción a la energía eólica.  
Clasificación y aplicaciones de los sistemas eólicos

#### UD 2. Aprovechamiento del recurso eólico

Características del viento. Medición y tratamiento del viento

#### UD 3. Descripción de los sistemas de aprovechamiento del viento

Partes de un sistema eólico. Principios de aerodinámica. Diseño de rotores eólicos  
Cálculo de la energía producida por un aerogenerador

#### UD 4. Funcionamiento de parques eólicos

Descripción del funcionamiento general de un parque eólico  
Descripción de componentes de un parque eólico.

#### UD 5. Diseño de sistemas eólicos aislados de pequeña potencia

Aplicaciones de los sistemas eólicos de pequeña potencia. Tipos de máquinas eólicas  
Componentes de un sistema eólico aislado. Diseño de instalaciones de pequeña potencia

#### UD 6. La generación eólica y el mercado eléctrico

Introducción al Sistema Eléctrico Español y el mercado eléctrico español  
El régimen especial: La energía eólica en el sector eléctrico

#### UD 7. Máquinas eléctricas en generación eólica

Generadores de velocidad fija y variable  
Máquinas asíncronas doblemente alimentadas (DFIGs)  
Esquemas de control

### 5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

1. Cálculo energético del viento



- En esta práctica el estudiante ha de calcular la energía del viento en una localización determinada, a partir de los datos de velocidad medidos por un anemómetro
2. Cálculo de la energía producida por un aerogenerador  
En esta práctica, el estudiante ha de obtener la energía que un aerogenerador es capaz de extraer en una localización determinada con unos datos de viento específicos.
  3. Diseño de un rotor eólico  
En esta práctica se ha de llevar a cabo el diseño de un rotor eólico
  4. Sistema eólico para vivienda  
Se desarrolla en esta práctica el cálculo de un sistema eólico completo para el abastecimiento de energía procedente del viento para una vivienda

## 5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

### UD 1 Overview of wind energy

History of wind energy. Introduction to wind energy.  
Classification and applications of wind power

### UD 2 Harnessing the wind resource

Wind characteristics. Wind Measurement and Treatment

### UD 3 Description of the use of wind systems

Parts of a wind system. Aerodynamic principles. Design of wind rotors  
Calculation of the energy produced by a wind turbine

### UD 4 Operation of wind farms

Description of the general operation of a wind farm  
Description of components of a wind farm.

### UD 5 design isolated small wind power systems

Applications of small wind power systems. Types of wind machines  
Components of an isolated wind system. Design of small power facilities

### UD 6 Wind power and the electricity market

Introduction to the Spanish electricity system and the Spanish electricity market  
The special regime: Wind power in the electricity sector

### UD 7 electrical machines in wind generation

Generators of fixed and variable speed  
Doubly fed induction machines (DFIGs)  
Control schemes

## 5.5. Objetivos de aprendizaje detallados por Unidades Didácticas

### UD 1. Aspectos generales de la energía eólica

Conocer los aspectos generales de la evolución de la energía eólica.  
Clasificar y conocer las aplicaciones de los sistemas eólicos.



**UD 2. Aprovechamiento del recurso eólico**

- Conocer las características del viento.
- Conocer los métodos de medición y tratamiento del viento
- Cuantificar la energía contenida en el viento

**UD 3. Descripción de los sistemas de aprovechamiento del viento**

- Describir las partes de un sistema eólico.
- Comprender los principios de aerodinámica.
- Diseñar de rotores eólicos
- Calcular la energía producida por un aerogenerador

**UD 4. Funcionamiento de parques eólicos**

- Conocer los aspectos fundamentales del funcionamiento general de un parque eólico
- Conocer los componentes de un parque eólico.

**UD 5. Diseño de sistemas eólicos aislados de pequeña potencia**

- Conocer las diferentes aplicaciones de sistemas eólicos de pequeña potencia
- Clasificar los componentes de un sistema eólico aislado.
- Diseñar instalaciones de pequeña potencia

**UD 6. La generación eólica y el mercado eléctrico**

- Conocer los aspectos generales del Sistema Eléctrico y el mercado eléctrico español
- Conocer el régimen especial: La energía eólica en el sector eléctrico

**UD 7. Máquinas eléctricas en generación eólica**

- Analizar generadores de velocidad fija y variable
- Distinguir máquinas asíncronas doblemente alimentadas (DFIGs)
- Desarrollar esquemas de control

## 6. Metodología docente

6.1. Metodología docente			
Actividad	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Análisis detallado de temas fundamentales aspectos más relevantes	Presencial: Comprensión de la materia y planteamiento de dudas	12
		No presencial: Estudio de la materia	22
Resolución de ejercicios y casos prácticos	Preparación de ejercicios y casos prácticos de dificultad graduada. Se facilitará al alumno una lista de problemas resueltos mediante simulaciones.	Presencial: Participar activamente en la resolución de problemas, proponiendo soluciones y planteando dudas.	7
		No presencial: Resolver los problemas haciendo uso de los apuntes de clase.	16
Aplicaciones Informáticas	Utilizadas como método adicional de autoevaluación del alumno, ya que permiten comprobar a través de las simulaciones que los conocimientos adquiridos en teoría son correctos. Durante las horas de prácticas el profesor resolverá las dudas planteadas por los alumnos relacionadas con los resultados obtenidos en dichas simulaciones.	Presencial: Realizar las simulaciones propuestas y comprobar mediante la teoría los resultados obtenidos. Realizar un informe con los resultados.	11
		No presencial: Plantear al profesor las diferencias encontradas entre las simulaciones y la resolución teórica para discutir la validez de los resultados obtenidos en la simulación. Este ejercicio servirá al alumno como autoevaluación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas	4
Seminarios	Se trabaja con el alumnado analizando conocimientos muy específicos y mostrando las problemáticas más recientes.	Presencial: Participación activa. Resolución de ejercicios. Mesas redondas	3
		No presencial: Planteamiento de dudas y relación con conceptos teóricos.	2
Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría, ejercicios, problemas y prácticas.	Presencial: Planteamiento y resolución de dudas en horario de tutorías.	7
		No presencial: Planteamiento de dudas por correo electrónico o a través de las plataformas virtuales a disposición del alumno.	2
Autoevaluaciones	Preparación cuestionarios de cada unidad didáctica	Presencial: Resolución de los cuestionarios y autocorrección.	2
		No presencial: Posibilidad de incluir pruebas adicionales de autoevaluación en las plataformas virtuales.	1
Exámenes	Evaluación escrita (examen oficial)	Presencial: Asistencia a examen	1
		No presencial:	
		Presencial:	
		No presencial	
		Presencial:	
		No presencial:	
			90

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa	Formativa			
Prueba escrita teoría	X		Preguntas cortas que demuestren un conocimiento global de la asignatura	60%	1-17
Prueba escrita ejercicios	X	X	Ejercicios similares a los planteados.	40%	1-17

### 7.1. Metodología de evaluación

Instrumentos	Realización / criterios	Ponderación	Competencias genéricas (4.2) evaluadas	Resultados (4.4) evaluados
Prueba escrita teoría	Preguntas cortas que demuestren un conocimiento global de la asignatura	60%	Apartados del I.I. al I.V.	Apartados del I al III
Prueba escrita ejercicios	Ejercicios similares a los planteados.	40%	Apartados del II.I al III.II	Apartado IV

### 7.2. Mecanismos de control y seguimiento

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades, las cuales se pueden solapar temporalmente: Cuestiones planteadas en clase; Cuestionarios al finalizar cada tema; Tutorías grupales

## 8. Recursos y bibliografía

### 9.1. Bibliografía básica

- Burton T., Sharpe D., Jenkins N. y Bossanyi E., **“Wind Energy Handbook”**, Willey, 2001
- Manwell J.F., Mcgowan J.G y Rogers A.L., **“Wind Energy Explained. Theory, Desing and Application”**, Willey, 2002
- Kaiser A.S. y Viedma A., **“Energía Eólica”**, Horacio Escarabajal Editores, 2003
- C. Mataix, **“Turbomáquinas hidráulicas”**, I.C.A.I., Madrid, 1975
- Rodríguez Amenedo,J.L., Burgos Díaz,J.C., Arnalte Gómez, S. **“Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eólica”**, Ed. Rueda, 2003

### 9.2. Bibliografía complementaria

- Lubosni, Z., **“Wind Turbine Operation in Electric Power Systems: Advanced Modeling”**, Springer, 2010
- Ackermann, T., **“Wind Power in Power Systems”**, Wiley, 2005
- Olimpo Anaya-Lara, Jenkins, N., Ekanayake, J., Cartwright, P., Hughes M., **“Wind Energy Generation: Modelling and Control”**, Wiley, 2009

### 9.3. Recursos en red y otros recursos

- Base de Datos IEEE Xplore (IEL)
- Recursos Biblioteca (UPCT)