



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Guía docente de la asignatura Ingeniería de los Sistemas Eólicos

Titulación: Master en Energías Renovables

Guía Docente

1. Datos de la asignatura

Nombre	Ingeniería de los Sistemas Eólicos		
Materia	Electricidad / Mecánica de Fluidos		
Módulo	Fundamental		
Código	211401002		
Titulación/es	Master en Energías Renovables		
Plan de estudios			
Centro	ETSII		
Tipo	Fundamental		
Periodo lectivo	Primer Cuatrimestre	Curso	1º
Idioma	Castellano		
ECTS	6	Horas / ECTS	30
		Carga total de trabajo (horas)	180
Horario clases teoría		Aula	Sala Usos Múltiples
Horario clases prácticas		Lugar	

2. Datos del profesorado

Profesor responsable (I)	Ángel Molina García		
Departamento	Ingeniería Eléctrica		
Área de conocimiento	Ingeniería Eléctrica		
Ubicación del despacho	1ª Planta, Antiguo Hospital de Marina Campus Muralla del Mar		
Teléfono	968 32 5462	Fax	968 32 5356
Correo electrónico	angel.molina@upct.es		
URL / WEB	http:// www.upct.es/~die/		
Horario de atención / Tutorías	(confirmar en aula virtual)		
Ubicación durante las tutorías	Dpto. Ingeniería Eléctrica		

Profesor responsable (II)	Antonio Sánchez Kaiser		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Mecánica de Fluidos		
Ubicación del despacho	2º Planta – Antiguo Hospital de Marina		
Teléfono	968 32 5984	Fax	968 32 5999
Correo electrónico	antonio.kaiser@upct.es		
URL / WEB	http://www.upct.es/~ditf/		
Horario de atención / Tutorías	(consultar Aula Virtual)		
Ubicación durante las tutorías	Dpto. de Ingeniería Térmica y de Fluidos		

3. Descripción de la asignatura

3.1. Presentación

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. Ubicación en el plan de estudios

La asignatura *Ingeniería de los Sistemas Eólicos* se ubica en el primer cuatrimestre del primer curso. Los conocimientos impartidos en esta asignatura será útiles también para la asignatura *Electrónica de Potencia para Energías Renovables* (primer cuatrimestre) y, sobre todo, para *Herramientas para la Simulación de Aerogeneradores y Parques Eólicos* (segundo cuatrimestre). En esta última asignatura se podrán ampliar conocimientos sobre el campo de la energía eólica y su extensión a modelos y problemáticas asociados con parques eólicos.

3.3. Descripción de la asignatura. Adecuación al perfil 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 dedicado a las energías renovables.



3.4. Relación con otras asignaturas. Prerrequisitos y recomendaciones

Esta asignatura, debido a su contenido transversal, está fuertemente relacionada con diversas asignaturas del Master de Energías Renovables. Entre las que guarda una mayor relación destacamos *Electrónica de Potencia para Energías Renovables* y *Herramientas para la Simulación de Aerogeneradores y Parques Eólicos*. De forma complementaria, se considera una formación adicional relevante el cursar las asignaturas de segundo cuatrimestre “*Sistemas de control avanzado de convertidores de potencia utilizados en instalaciones de energías renovables*” y “*Redes Eléctricas con Generación Distribuida*”, ya que servirán como formación técnica complementaria.

Para esta asignatura son recomendables conocimientos en:

- Teoría de circuitos y máquinas eléctricas (nivel medio)
- Dispositivos electrónicos (nivel medio-básico)
- Conocimientos de regulación automática (nivel básico)

3.5. 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

4.1. Competencias específicas de la asignatura (según el plan de estudios)

B	B1	Conocer la evolución histórica de las aeroturbinas.
	B2	Comprender la generación del viento a escala local y global. Determinar la energía aprovechable del viento. Conocer el potencial eólico en España.
	B3	Clasificar los tipos de aerogeneradores eólicos. Conocer las aplicaciones de la energía eólica. Determinar los parámetros que cuantifican la energía eólica.
	B4	Determinar los parámetros del viento que influyen en la configuración de un motor eólico.
	B5	Determinar el perfil vertical de vientos. Identificar los criterios para la selección de emplazamientos.
	B6	Conocer los métodos de medición del viento. Clasificar los datos de viento mediante la ley de Weibull. Calcular el potencial de producción de electricidad.
	B7	Caracterizar cada una de las partes que componen un sistema eólico de eje horizontal.
	B8	Conocer los principios de aerodinámica en los que se basa la obtención de potencia.
	B9	Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de aire y el rotor. Conocer las correcciones más importantes a estas teorías.
	B10	Caracterizar cada una de las partes que componen un sistema eólico de eje horizontal.
	B11	Conocer los principios de aerodinámica en los que se basa la obtención de potencia.
	B12	Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de aire y el rotor. Conocer las correcciones más importantes a estas teorías.
	B13	Conocer las previsiones de producción eléctrica y la aportación relativa de la generación eólica. Conocer el régimen especial y los procedimientos de operación de sistema que regula la instalación y mantenimiento de producción eólica.
	B14	Conocer las máquinas eléctricas empleadas en la producción eólica: tipología, características de funcionamiento y control.

4.2. Competencias genéricas / transversales (según el plan de estudios)

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan 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 su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean 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

CB9 - Que los estudiantes sepan 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

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

T9. Resolución de problemas abiertos.

T12. Adaptación a nuevas situaciones.

T13. Capacidad de análisis de problemas.

T16. Preocupación por la calidad.

T17. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio.

T18. Aprendizaje autónomo.

T19. Sensibilidad hacia temas medioambientales.

T20. Creatividad e innovación.

4.3. Competencias específicas del Título

Los estudiantes, al finalizar sus estudios de Máster Universitario en Energías Renovables, deberán haber alcanzado las siguientes competencias específicas.

A	A1	Conocer los principales problemas relacionados con la sostenibilidad energética.
	A2	Conocer de forma introductoria el impacto social y ambiental de las distintas tecnologías energéticas.
	A3	Conocer las posibilidades tecnológicas para la eficiencia y el ahorro energético.

4.3. Objetivos generales / competencias específicas del título (según el plan de estudios)

Comprender la generación del viento a escala local y global.

Determinar la energía aprovechable del viento. Determinar los parámetros del viento que influyen en la configuración de un motor eólico. Identificar los criterios para la selección de emplazamientos. Conocer los métodos de medición del viento. Clasificar los datos de viento mediante la ley de Weibull. Calcular el potencial de producción de electricidad.

Caracterizar cada una de las partes que componen un sistema eólico de eje horizontal.

Conocer los principios de aerodinámica en los que se basa la obtención de potencia.

Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de aire y el rotor.

Diseñar el rotor de un aerogenerador en función de las condiciones para las que va a ser utilizado. Conocer los aspectos fundamentales que caracterizan el funcionamiento de un parque eólico. Diseñar sistemas eólicos aislados de pequeña potencia.

4.4. Resultados esperados del aprendizaje

I. Reconocer las aplicaciones de la energía eólica dentro de las fuentes de energías renovables.

II. Diferenciar los diferentes tipos de configuración de aerogeneradores, sus características y sus limitaciones más significativas.

III. Analizar los esquemas de control básicos empleados en aerogeneradores.

IV. Saber evaluar el potencial de energía eólica disponible a partir de simulaciones.

5. Contenidos

5.1. 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. Estudio económico de parques eólicos

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

5.2. Programa de prácticas

1. Cálculo energético del viento
2. Cálculo de la energía producida por un aerogenerador
3. Diseño de un rotor eólico
4. Estudio económico de un parque eólico
5. Sistema eólico para vivienda



6. Metodología docente

6.1. Actividades formativas			
Actividad	Descripción de la actividad	Trabajo del estudiante	ECTS
Clase de teoría	Clase expositiva. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Análisis detallado de temas fundamentales aspectos más relevantes	<u>Presencial</u> : Comprensión de la materia y planteamiento de dudas	0,75
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	1,50
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.	<u>Presencial</u> : Participar activamente en la resolución de problemas, proponiendo soluciones y planteando dudas.	0,50
		<u>No presencial</u> : Resolver los problemas haciendo uso de los apuntes de clase.	1
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.	<u>Presencial</u> : Realizar las simulaciones propuestas y comprobar mediante la teoría los resultados obtenidos. Realizar un informe con los resultados.	0,75
		<u>No presencial</u> : 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	0,25
Seminarios	Se trabaja con el alumnado analizando conocimientos muy específicos y mostrando las problemáticas más recientes.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Mesas redondas	0,25
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas y relación con conceptos teóricos.	0,1
Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría, ejercicios, problemas y prácticas.	<u>Presencial</u> : Planteamiento y resolución de dudas en horario de tutorías.	0,5
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico o a través de las plataformas virtuales a disposición del alumno.	0,1
Autoevaluaciones	Preparación cuestionarios de cada unidad didáctica	<u>Presencial</u> : Resolución de los cuestionarios y autocorrección.	0,1
		<u>No presencial</u> : Posibilidad de incluir pruebas adicionales de autoevaluación en las plataformas virtuales.	0,1
Exámenes	Evaluación escrita (examen oficial)	<u>Presencial</u> : Asistencia a examen	0,1
		<u>No presencial</u> :	
		<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u>	
		<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> :	
			6

7. Evaluación

7.1. Técnicas 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	30%	Apartados del I.I. al I.V.	Apartados del I al III
Prueba escrita ejercicios	Ejercicios similares a los planteados en las simulaciones. El alumno dispondrá del material de prácticas y el ordenador para comprobar los resultados obtenidos.	70%	Apartados del II.I al III.II	Apartado IV

La asistencia a las sesiones de prácticas será de carácter obligatorio. Este es el entorno adecuado y propicio para resolver dudas sobre el software de simulación y los resultados de los ejercicios propuestos fuera de estas horas.

La presentación de informes de prácticas relacionados con las simulaciones será de carácter obligatorio. Así, se invita a los alumnos que entreguen los informes en las fechas indicadas no podrán disponer de esta información el día del examen. En dichos informes deben aparecer las deducciones teóricas que llevan a la solución y las gráficas obtenidas en simulación que justifican la idoneidad del planteamiento.

Los informes pueden ser tan extensos como se desee, y el alumno podrá disponer de ellos el día del examen. El profesor no corregirá los informes tras ser entregados, solo resolverá las dudas planteadas por los alumnos durante las clases prácticas dedicadas a esa tarea. Con ello, se pretende que el alumno adquiera la costumbre de utilizar las simulaciones como métodos de autoevaluación.

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. Distribución de la carga de trabajo del alumno

		ACTIVIDADES PRESENCIALES															ACTIVIDADES NO PRESENCIALES									
		Convencionales						No convencionales																		
Semana	Temas o actividades (visita, examen parcial, etc.)	Clases teoría	Clases problemas	Laboratorio	Aula informática			TOTAL CONVENCIONALES	Trabajo cooperativo	Tutorías	Seminarios	Visitas	Evaluación formativa	Evaluación	Exposición de trabajos			TOTAL NO CONVENCIONALES	Estudio	Trabajos / informes individuales	Trabajos / informes en grupo			TOTAL NO PRESENCIALES	TOTAL HORAS	ENTREGABLES
1	Unidad Didáctica 1	2						2										2						2		
2	Unidad Didáctica 1	2						2		2								2	4					4	8	
3	Unidad Didáctica 2	2	2					4		2								2	4	2				6	12	
4	Unidad Didáctica 2	2			2			4	4	2								6	2					2	12	
5	Unidad Didáctica 3	2			2			4	4									4	2	2				4	12	
6	Unidad Didáctica 3	2	2					4	4	2								6	2					2	12	
7	Unidad Didáctica 4	2						2			4							4						4	6	
8	Unidad Didáctica 4		4					4	4									4			4			4	12	
9	Unidad Didáctica 5	2						2											4					4	6	
10	Unidad Didáctica 5	2			2			4		4								4	2		2			4	12	
11	Unidad Didáctica 6	2			2			4			2							2	4					4	10	
12	Unidad Didáctica 6	2			2			4		4								4	4					4	12	
13	Unidad Didáctica 7	2						2											4		2			6	8	
14	Unidad Didáctica 7	2			2			4			4							4	4	2				6	14	
15	Unidad Didáctica 7	2	4		4			10		4		4	4					12	4					4	26	
Periodo de exámenes														4	4			8		4	4			8	16	
Otros																										
TOTAL HORAS		28	12		16			56	16	20	10	4	4	4	4			62	40	10	12			62	180	



9. 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)