



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena




# Guía docente de la asignatura

## Herramientas para la simulación de aerogeneradores y parques eólicos

## (Simulation tools for wind turbines and wind farms)

**Titulación: Máster Universitario en Energías Renovables**

CSV:	kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Fecha:	29/01/2019 23:30:05		
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.					
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E					
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Página:	1/13		

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Herramientas para la simulación de aerogeneradores y parques eólicos				
<b>Materia</b>	Herramientas para la simulación de aerogeneradores y parques eólicos				
<b>Módulo</b>	Materias de especialización				
<b>Código</b>	211401011				
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES				
<b>Plan de estudios</b>	2010				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
<b>Tipo</b>	Optativa				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimestral	<b>Cuatrimestre</b>	2º	<b>Curso</b>	1º
<b>Idioma</b>	Español				
<b>ECTS</b>	3	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	90

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	Juan Alvaro Fuentes Moreno		
<b>Departamento</b>	Ingeniería Eléctrica		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Eléctrica		
<b>Ubicación del despacho</b>	1ª planta Hospital de Marina		
<b>Teléfono</b>	968 32 5604	<b>Fax</b>	968 32 5356
<b>Correo electrónico</b>	juanalvaro.fuentes@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	www.upct.es/die/		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Se indicará en Aula Virtual		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	En el despacho del profesor		

<b>Titulación</b>	Doctor Ingeniero Industrial por la UPCT
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	1996
<b>Nº de quinquenios</b>	4
<b>Líneas de investigación</b>	Integración de energía eólica Simulación de sistemas eléctricos
<b>Nº de sexenios</b>	3
<b>Experiencia profesional</b>	
<b>Otros temas de interés</b>	

<b>Profesor responsable</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>	2ª Planta – Antiguo Hospital de Marina		
<b>Teléfono</b>	968 32 5984	<b>Fax</b>	968 32 5999
<b>Correo electrónico</b>	antonio.kaiser@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	http://www.upct.es/~ditf/		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Se indicará en Aula Virtual		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	En el despacho del profesor		

<b>Titulación</b>	Doctor Ingeniero Industrial por la UPCT
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	2000
<b>Nº de quinquenios</b>	3
<b>Líneas de investigación</b>	Modelización y ensayo experimental de aerogeneradores de pequeña potencia

<b>Nº de sexenios</b> <b>Experiencia profesional</b> <b>Otros temas de interés</b>	Simulación numérica de los procesos de fabricación de palas de aeroturbinas
	2

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

El objetivo de la asignatura es doble, por un lado consiste en la modelización eléctrica de los aerogeneradores de un parque eólico, junto con la red de transporte de dicho parque con el objeto de realizar simulaciones que nos permitan dar respuestas a preguntas relacionadas con el diseño o explotación de dichos parques y, por otro lado, calcular la energía generada por un parque eólico para unas condiciones de viento y del terreno dadas así como optimizar el esquema de implantación de las máquinas eólicas dentro del parque.

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

A día de hoy, la simulación de cualquier proceso/sistema es una herramienta de diseño que permite optimizar dicho proceso de una forma mucho más económica que con métodos tradicionales. La asignatura en cuestión pretende dar a conocer e introducir herramientas que pueden ser utilizadas para la simulación de aerogeneradores y de parques eólicos

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

Esta asignatura está relacionada con Ingeniería de los Sistemas Eólicos

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

No hay incompatibilidades

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Para la parte de Matlab/Simulink/Simpower es recomendable tener nociones de algún lenguaje de programación.

Respecto a la parte de los programas WASP y Windfarmer sería recomendable haber cursado en el primer cuatrimestre la asignatura Ingeniería de los Sistemas Eólicos.

#### 3.6. Medidas especiales previstas

Al ser una asignatura optativa eminentemente práctica, no se consideran medidas especiales.

## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

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

**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.

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

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

**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.

**B9.** Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de y el rotor. Conocer las correcciones más importantes a estas teorías.

**B12.** Determinar las teorías de intercambio energético entre el flujo de aire y el rotor. Conocer las correcciones más importantes a estas teorías

**B14.** Conocer las máquinas eléctricas empleadas en la producción eólica: tipología, características de funcionamiento y control.

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

**T5.** Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos.

### 4.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura, el alumno deberá ser capaz de:

**R1.** Diseñar y ejecutar un programa en matlab compuesto por script/funciones

**R2.** Implementar y ejecutar simulaciones de sistemas eléctricos y aerogeneradores simplificados utilizando Simulink/SimpowerSystem

**R3.** Proyectar parques eólicos mediante los códigos Wasp y Windfarmer

## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Los contenidos de plan de estudios asociados a esta asignatura son los de herramientas software para la simulación de aerogeneradores y parques eólicos.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### Parte I

1. Introducción a Matlab
2. Introducción a Simulink
3. Introducción a SimPowerSystems
4. Simulación del sistema eléctrico de un parque eólico

#### Parte II

5. Principios del flujo del viento
6. Monitorización de la velocidad del viento
7. Análisis e interpretación de datos de viento
8. Utilización de WAsP con GH WindFarmer
9. Modelos de estela y validación
10. Cálculo de la energía generada por un parque eólico
11. Optimización del esquema de implantación

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

#### MATLAB

- Práctica 1: Introducción a Matlab: Sistema trifásico equilibrado no senoidal I  
Práctica 2: Scripts y funciones: Sistema trifásico equilibrado no senoidal II  
Práctica 3: Estructuras de control: Sistema trifásico equilibrado no senoidal III

#### SIMULINK

- Práctica 4: Introducción a Simulink: Generación de un sistema trifásico  
Práctica 5: Creación de bloques y librerías: Cálculo de potencias en un sistema trifásico

#### SIMPOWER

- Práctica 6: Introducción a SimpowerSystems: Cálculo del rendimiento de un circuito de un parque eólico  
Práctica 7: Simulación de cortocircuitos  
Práctica 8: Modelo simplificado de un generador eólico

#### WASP

- Práctica 9: Obtener la energía producida por un parque eólico en una localización determinada mediante Wasp.


#### WINFARMER

- Práctica 10: Determinar la posición óptima de aerogeneradores en un parque eólico para obtener la máxima energía.

## Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

CSV:	kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Fecha:	29/01/2019 23:30:05	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.				
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E				
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Página:	7/13	

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un “Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos” que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

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

### Part I

1. Introduction to Matlab
2. Introduction to Simulink
3. Introduction to SimPowerSystems
4. Wind farm electrical simulation

### Part II

5. Principles of wind flow
6. Monitoring wind speed
7. Analysis and interpretation of wind data
8. Using GH WindFarmer WASP
9. Wake models and validation
10. Calculate the energy generated by a wind farm
11. Optimization scheme implementation

## 5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

### Parte I

#### 1. Introducción a Matlab

Familiarizar a los estudiantes con el interface de usuario de Matlab así como enseñarles el lenguaje de programación de Matlab: sus principales tipos de datos, la escritura de expresiones, sus estructuras de control y como escribir y ejecutar scripts y funciones.

#### 2. Introducción a Simulink

Se enseñará como usar el software de Simulink para la creación de modelos gráficos. Se verán los bloques predefinidos así como la creación de subsistemas y librerías.

#### 3. Introducción a SimPowerSystems

Se enseñará el uso del software de Simpower para la simulación de sistemas eléctricos y se les mostrará la librería de bloques predefinidos para la construcción de sistemas reales.

#### 4. Simulación del sistema eléctrico de un parque eólico

Se les mostrará por medio de ejemplos en laboratorio de informática de como la simulación de los elementos de un parque eólico utilizando Matlab/Simulink/Simpower permite hallar la respuesta a preguntas relacionadas con el diseño o explotación de dichos parques.

### Parte II

#### 5. Principios del flujo del viento

Comprender el fenómeno de producción del viento en la atmósfera

#### 6. Monitorización de la velocidad del viento

Conocer los métodos de medida de la velocidad del viento

#### 7. Análisis e interpretación de datos de viento

Analizar e interpretar las medidas de viento realizadas

#### 8. Utilización de WASP y WindFarmer

Manejar los códigos WASP y WINDFARMER para poder determinar el potencial eólico de



zonas terrestres

### **9. Modelos de estela y validación**


Aplicar los modelos existentes de estela a los cálculos anteriores

### **10. Cálculo de la energía generada por un parque eólico**

Determinar la energía producida por un parque eólico

### **11. Optimización del esquema de implantación**

A partir de las herramientas anteriores optimizar la ubicación de los aerogeneradores dentro de un parque eólico para producir la máxima energía

CSV:	kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Fecha:	29/01/2019 23:30:05	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.				
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E				
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/kO38lPvXVYpZvnUFCjzx2Fb8e		Página:	9/13	

## 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	<u>Presencial</u> : Comprensión de la materia y planteamiento de dudas	12
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	12
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	18
		<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.	12
Trabajos propuestos obligatorios	Actividades a realizar individualmente o en grupos para aplicar las habilidades adquiridas en la resolución de los trabajos propuestos	<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los trabajos	21
Trabajos propuestos voluntarios	Se plantean trabajos que requieren adaptarse a nuevas situaciones	<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los trabajos	
Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría, ejercicios, problemas y prácticas	<u>Presencial</u> : Planteamiento y resolución de dudas en horario de tutorías.	6
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico o a través de las plataformas virtuales a disposición del alumno	6
Exámenes	Evaluación escrita (examen oficial)	<u>Presencial</u> : Asistencia al examen	3
		<u>No presencial</u> :	
			90

## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

	Resultados del aprendizaje (4.5)									
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clase de teoría	X	X	X							
Aplicaciones informáticas	X	X	X							
Trabajos propuestos obligatorios	X	X	X							
Trabajos propuestos voluntarios	X	X	X							
Tutorías	X	X	X							
Exámenes	X	X	X							

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa	Formativa			
Trabajos propuestos obligatorios	X		2-3 trabajos propuestos de Matlab / Simulink /SimpowerSystems. Evalúan tanto la resolución como el procedimiento empleado 1 trabajo con Wasp 1 trabajo con Windfarmer	100	R1, R2 y R3
Trabajos propuestos voluntarios	X		2-3 trabajos propuestos voluntarios. Se evalúan las habilidades adquiridas y la capacidad de adaptación a nuevas situaciones. Solo computarán para mejorar la evaluación obtenida mediante los trabajos obligatorios		R1, R2 y R3
Prueba escrita	X		Prueba escrita tipo test para aquellos alumnos que no hayan superado alguno de los trabajos propuestos		R1, R2 y R3

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

### 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica

Manuales de usuario de Matlab

Manuales de usuario de wasp y windfarmer

### 8.2. Bibliografía complementaria

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

Aula virtual UPCT: Toda la información relativa al curso y la documentación relacionada estarán disponibles en Aula Virtual.