

Curso

2017-2018

# Guía Docente del Master en Energía



Facultad de Ciencias Físicas.  
Universidad Complutense de Madrid



## Tabla de contenidos

1.	Estructura del Plan de Estudios.....	4
1.1.	Estructura general .....	4
1.2.	Asignaturas del Plan de Estudios.....	9
1.3.	Distribución esquemática por semestres .....	10
2.	Fichas de las Asignaturas de Primer Curso .....	11
2.1.	Conversión y Eficiencia Energética.....	11
2.2.	Energía Nuclear .....	16
2.3.	Sistemas y Reactores de Fisión.....	21
2.4.	Sistemas Solares Térmicos .....	26
2.5.	Energía Solar Fotovoltaica.....	32
2.6.	Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	37
2.7.	Energía Eólica .....	43
2.8.	Almacenamiento y Pilas de Combustible.....	49
2.9.	Evaluación del Recurso Eolo-Solar.....	55
2.10.	Modelización y Simulación de Procesos Energéticos .....	61
2.11.	Prácticas en Empresa.....	66
2.12.	Trabajo Fin de Master.....	70
3.	Competencias.....	74
4.	Cuadros Horarios.....	78
4.1.	Curso Único .....	78
5.	Calendario Académico y Fechas de Exámenes.....	79
5.1.	Calendario de Exámenes .....	82
5.2.	Calendario de Presentaciones .....	82
6.	Comisión de Coordinación del Master .....	83

# 1. Estructura del Plan de Estudios

## 1.1. Estructura general

El presente Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas.

El Master en Energía se divide en dos Módulos, uno Básico y otro Avanzado. El Módulo Básico incluye asignaturas de dos Materias, en tanto que el Módulo Avanzado incluye asignaturas de cinco Materias.

El Master en Energía se organiza en un único curso académico, desglosado en 2 semestres. Cada semestre tiene 30 créditos ECTS para el estudiante, donde se ha considerado que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante.

Existen tres itinerarios o Especialidades de carácter formativo: Especialidad de Energías Renovables, Especialidad de Energía Nuclear y Especialidad de Energía en General. El estudiante tiene que elegir obligatoriamente una de las tres especialidades. En cada especialidad el estudiante tiene que cursar 60 créditos, de los cuales 42 son obligatorios y 18 optativos.

Las enseñanzas se estructuran en 4 módulos: 2 obligatorios para todos los estudiantes (Prácticas en Empresas y Trabajo Fin de Master), que se corresponden con la materia y asignatura del mismo nombre, y otros tres que comprenden materias específicas de cada una de las Especialidades antes mencionadas, las cuales incluyen tanto asignaturas obligatorias como optativas. El estudiante tiene que cursar los 12 créditos de los dos módulos obligatorios, además de los 48 créditos restantes del itinerario o Especialidad elegida.

Cada itinerario o Especialidad comprende las 5 asignaturas de carácter obligatorio (30 créditos) y tres optativas (18 créditos) que el alumno deberá elegir de la oferta global de cinco que ofrece el Master.

En el Primer Semestre, el alumno deberá cursar 4 asignaturas obligatorias del Módulo Básico, más la única asignatura optativa del Módulo Avanzado que se oferta en este Primer Semestre.

En el Segundo Semestre, el alumno deberá cursar la 5ª asignatura obligatoria del Módulo Básico, y elegir dos asignaturas optativas del Módulo Avanzado de las tres que oferta el Master para este Segundo Semestre.

La selección de las asignaturas optativas estará condicionada por la Especialidad que el alumno quiera seguir, tanto en el Primer como en el Segundo Semestre.

Todas las asignaturas del Master son de 6 ECTS.

A continuación se muestra la estructura general del plan de estudios, indicando la distribución de créditos necesaria para completar el grado en cada uno de los dos itinerarios.

Las asignaturas obligatorias correspondientes al Módulo de Formación Básica (30 ECTS) son:

- Conversión y Eficiencia Energética
- Energía Solar Fotovoltaica
- Energía Nuclear
- Almacenamiento y Pilas de Combustible
- Energía Eólica

Asimismo, las asignaturas optativas del Módulo de Formación Avanzada (42 ECTS) son:

- Evaluación del Recurso Eolo-Solar
- Modelización y Simulación de Procesos Energéticos
- Sistemas Solares Térmicos
- Sistemas Solares Fotovoltaicos
- Sistemas y Reactores de Fisión

Adicionalmente el Master incluye dos Módulos, uno correspondiente a las Prácticas en Empresas y otro al Trabajo Fin de Master, cada uno de los cuales tiene 6 ECTS.

En cada Especialidad el estudiante tendrá que cursar los siguientes créditos:

- 30 ECTS del Módulo de Formación Básica
- 18 ECTS del Módulo de Formación Avanzada
- 6 ECTS de Módulo de Prácticas en Empresas
- 6 ECTS del Trabajo Fin de Master

Y elegir una de las siguientes en el Primer Semestre:

- Evaluación del Recurso Eolo-Solar
- Modelización y Simulación de Procesos Energéticos

Y dos de las siguientes en el Segundo Semestre:

- Sistemas Solares Térmicos
- Sistemas Solares Fotovoltaicos
- Sistemas y Reactores de Fisión

A continuación se describen brevemente los diferentes módulos:

- **Módulo de Formación Básica** (obligatorio, 60 ECTS). Se cursa en el primer semestre. Las asignaturas obligatorias incluidas en este módulo proporcionan los conocimientos fundamentales sobre las principales fuentes de energía que constituyen la base de este Master, así como de los principios de conversión energética y sistemas de almacenamiento. Las asignaturas del módulo se muestran en la siguiente tabla:

Asignatura	ECTS	Especialidad Vinculada
Conversión y Eficiencia Energética	6	Todas
Energía Solar Fotovoltaica	6	Todas
Energía Nuclear	6	Todas
Almacenamiento y Pilas de Combustible	6	Todas
Energía Eólica	6	Todas
<b>TOTAL : 30</b>		

Seguidamente, se describen, de manera sinóptica, los aspectos más relevantes de dichas asignaturas.

- Conversión y Eficiencia Energética (obligatoria, 6 ECTS). Está relacionada con todos los procesos de conversión de energía y con la eficiencia con que dichos procesos se llevan a cabo, así como la forma de mejorar dicha eficiencia. Se trata, por tanto, de una asignatura esencial para el desarrollo del Master
- Energía Solar Fotovoltaica (obligatoria, 6 ECTS). Se ocupa de desarrollar una de las fuentes de energía renovable básicas para el establecimiento de una matriz energética de generación eléctrica a nivel local y general. Se considera, pues, que es imprescindible para todo aquél especialista en el campo de la energía
- Energía Nuclear (obligatoria, 6 ECTS). Se trata de una materia que muestra la necesidad de contar con este tipo de energía a corto y medio plazo como sustitutivo de los combustibles fósiles. Es, por consiguiente, parte fundamental de la formación en el campo de la energía
- Almacenamiento y Pilas de Combustible (obligatoria, 6 ECTS). Se considera también parte básica de la formación en el campo de la energía debido a las implicaciones que los sistemas de almacenamiento tienen en cualquier sistema energético, en particular en el sector del transporte. La enorme proyección de las Pilas de Combustible como solución a la generación de energías limpias, y su estrecha relación con los sistemas de almacenamiento motivan su inclusión en esta asignatura
- Energía Eólica (obligatoria, 6 ECTS). Constituye hoy en día una de las fuentes de energía con mayor potencial de desarrollo e impacto en la matriz energética de la sociedad moderna, por lo que se considera imprescindible incluirla como materia básica para la formación en el campo de la energía
- **Módulo de Formación Avanzada** (optativo, 24 ECTS). Constituye la especialización del alumno en el campo de la energía seleccionado, General, Nuclear o Renovables, con opción a adquirir unos amplios conocimientos en

cualquiera de las dos especialidades o en el campo de la energía en general. Se cursa en el Segundo Semestre y consta de las siguientes materias:

Asignatura	ECTS	Especialidad Vinculada	
Evaluación del Recurso Eolo-Solar	6	Renovables	General
Modelización y Simulación de Procesos Energéticos	6	Renovables/Nuclear	General
Sistemas Solares Térmicos	6	Renovables	General
Sistemas Solares Fotovoltaicos	6	Renovables	General
Sistemas y Reactores de Fisión	6	Nuclear	General
<b>TOTAL : 24</b>			

Seguidamente, se describen, de manera sinóptica, los aspectos más relevantes de dichas asignaturas.

- Evaluación del Recurso Eolo-solar (optativa, 6 ECTS). Se considera esencial para un buen aprovechamiento tanto de la asignatura obligatoria “Energía Eólica” como de las optativas “Sistemas Solares Térmicos” y “Sistemas Solares Fotovoltaicos”, especialmente en el campo de las aplicaciones de la energía solar y eólica
- Modelización y Simulación de Procesos Energéticos (optativa, 6 ECTS). Es una asignatura transversal que se puede aplicar a cualquiera de las especialidades del Master, y se ocupa de los diferentes procesos energéticos desde el punto de vista de su optimización
- Sistemas Solares Térmicos (optativa, 6 ECTS). Esencial para el especialista en Energías Renovables, especialmente en el campo de las aplicaciones térmicas de baja temperatura y en centrales de generación termoeléctrica
- Sistemas Solares Fotovoltaicos (optativa, 6 ECTS). Esencial para el especialista en Energías Renovables, especialmente en el campo de las aplicaciones eléctricas y en centrales de generación directa de electricidad
- Sistemas y Reactores de Fisión (optativa, 6 ECTS). Básica para un especialista en el campo de la energía nuclear, especialmente en la parte correspondiente a la generación de energía eléctrica de gran capacidad

<b>Especialidad de Energías Renovables o Energía General</b>					
Módulo	Materias		Carácter	ECTS cursados	Semestre
Básico	Fuentes de Energía	Energía Solar Fotovoltaica	OBLIGATORIO	6	1º
		Energía Nuclear		6	1º
		Energía Eólica		6	2º
	Procesos Energéticos	Conversión y Eficiencia Energética	OBLIGATORIO	6	1º
		Almacenamiento y Pilas de Combustible		6	1º
Avanzado	Sistemas y dispositivos	Sistemas Solares Térmicos	OPTATIVO	6	2º
		Sistemas Solares Fotovoltaicos		6	2º
	Simulación y predicción	Evaluación del Recurso Eolo-solar		6	1º
		Modelización y Simulación de Procesos Energéticos		6	1º
Prácticas en Empresas		Prácticas en Empresas	OBLIGATORIO	6	2º
Trabajo Fin de Master		Trabajo Fin de Master	OBLIGATORIO	6	2º
<b>TOTAL: 60 ECTS</b>					

<b>Especialidad de Energía Nuclear</b>					
Módulo	Materias		Carácter	ECTS cursados	Semestre
Básico	Fuentes de Energía	Energía Solar Fotovoltaica	OBLIGATORIO	6	1º
		Energía Nuclear		6	1º
		Energía Eólica		6	2º
	Procesos Energéticos	Conversión y Eficiencia Energética	OBLIGATORIO	6	1º
		Almacenamiento y Pilas de Combustible		6	1º
Avanzado	Sistemas y dispositivos	Sistemas y Reactores de Fisión	OPTATIVO	6	2º
		Sistemas Solares Térmicos o Fotovoltaicos		6	2º
	Simulación y predicción	Sistemas Solares Fotovoltaicos		6	1º
		Modelización y Simulación de Procesos Energéticos		6	1º
Prácticas en Empresas		Prácticas en Empresas	OBLIGATORIO	6	2º
Trabajo Fin de Master		Trabajo Fin de Master	OBLIGATORIO	6	2º
<b>TOTAL: 60 ECTS</b>					



## 1.2. Asignaturas del Plan de Estudios

Código	Primer Semestre	Módulo	Tipo	ECTS
606767	CONVERSIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	BÁSICO	OB	6
606764	ENERGÍA NUCLEAR		OB	6
606765	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA		OB	6
606768	ALMACENAMIENTO Y PILAS DE COMBUSTIBLE		OB	6
606770	EVALUACIÓN DEL RECURSO EOLO-SOLAR	AVANZADO	OPT	6
606769	MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE PROCESOS ENERGÉTICOS		OPT	6

Código	Segundo Semestre	Módulo	Tipo	ECTS
606772	SISTEMAS Y REACTORES DE FISIÓN	AVANZADO	OPT	6
606773	SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS		OPT	6
606774	SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS		OPT	6
606766	ENERGÍA EÓLICA	BÁSICO	OB	6
606776	PRÁCTICAS EN EMPRESAS		OB	6
606777	TRABAJO FIN DE MASTER		OB	6

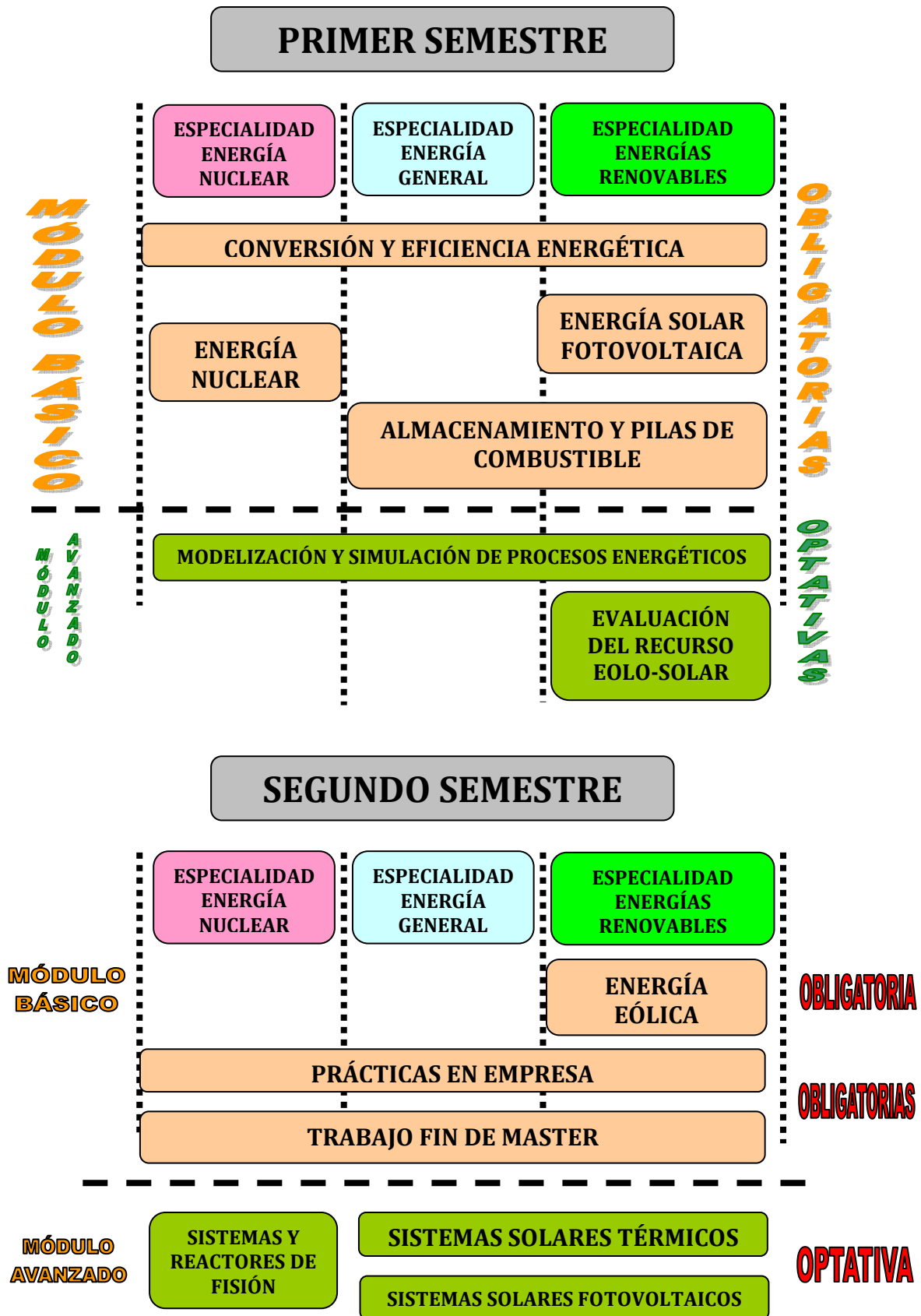
OB = Asignatura obligatoria

OI = Asignatura obligatoria de itinerario

OP = Asignatura optativa

El siguiente esquema muestra como se estructura el Master por semestres.

1.3. Distribución esquemática por semestres



## 2. Fichas de las Asignaturas de Primer Curso

### 2.1. Conversión y Eficiencia Energética



## MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Conversión y Eficiencia Energética</b>			<b>Código</b>	606767
<b>Materia:</b>	Procesos Energéticos	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.5	0.45	1.05
<b>Horas presenciales</b>	60.5	37.5	5	18

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Armenta Déu			<b>Dpto:</b>	FAMN
	<b>Despacho:</b>	211	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M,X,J	19:00-20:30	<i>Carlos Armenta Déu</i>	17/10/2017-15/11/2017 28-30/11/2017	24.5	FAMN
			Mohamed Khayet	26/09/2017-11/10/2017	12	FA-I
			<u>Ana Lepe (ext)</u>	16/11/2017-23/11/2017	6	Externo

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
<b>A1</b>	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur	12	Carlos Armenta Déu Luis Dinis Vizcaíno Mohamed Khayet	4.5	FAMN	
		4-21/12/2017		5.25	FAMN	
		11:30-13:00		8.25	FA-I	
<b>A2</b>	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur	12	Carlos Armenta Déu Luis Dinis Vizcaíno Mohamed Khayet	4.5	FAMN	
		5-21/12/2017		5.25	FAMN	
		19:00-20:30 13,20/12/2017 17:30-19:00		8.25	FA-I	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
C. Armenta Déu Luis Dinis Vizcaíno Mohamed Khayet	L-J:13.30-14:30	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a> <a href="mailto:ldinis@fis.ucm.es">ldinis@fis.ucm.es</a> <a href="mailto:khayetm@fis.ucm.es">khayetm@fis.ucm.es</a>	Sem. Dpto. FAMN Sem. Dpto. FA-I

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<p>A la finalización de esta materia el alumno habrá adquirido el conocimiento necesario para comprender los fenómenos físicos relacionados con los procesos energéticos de los distintos tipos de energía. Asimismo, esta materia permitirá al alumno alcanzar el nivel de aprendizaje imprescindible para el conocimiento de la forma en que van a operar los diferentes dispositivos energéticos ligados a las fuentes de energía que se estudian en el Máster.</p> <p>Por último, otro de los resultados fundamentales del aprendizaje de esta materia es la capacitación que el alumno adquiere en aquellos aspectos relativos a la forma de comportamiento de las fuentes de energía y los procesos tecnológicos que los caracterizan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar al alumno una completa visión del sistema de energía global que rige en la actualidad en nuestro plantea</li> <li>• Facilitar el acceso de los alumnos a los métodos y criterios por los cuales se establecen las reglas de funcionamiento de los llamados “sistemas energéticamente eficientes”</li> <li>• Conocer los principios fundamentales que rigen los procesos de eficiencia energética</li> <li>• Analizar el coste medioambiental que el uso de la energía fósil tiene sobre nuestro entorno y evaluar los costes subsidiarios derivados de su empleo frente a fuentes no convencionales</li> <li>• Llevar a cabo una exhaustiva revisión de las distintas fuentes de energía desde el punto de vista de su eficiencia</li> <li>• Establecer cuáles son los riesgos derivados del uso de las distintas fuentes de energía y sus repercusiones sobre nuestra seguridad</li> <li>• Dar a conocer las principales tecnologías relacionadas con la eficiencia energética</li> <li>• Estudiar los métodos de mejora de la eficiencia de los sistemas energéticos</li> <li>• Analizar los sistemas de recuperación de la energía y su impacto sobre la eficiencia energética</li> </ul> <p>Conocer la normativa relacionada con los principios de eficiencia energética</p>

Competencias
CB6 CG01-CG03-CG05-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG20-CG21 CT3-CT4-CT6 CE8-CE10-CE13-CE16-CE17

Resumen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar al alumno una completa visión del sistema de energía global que rige en la actualidad en nuestro plantea</li> <li>• Facilitar el acceso de los alumnos a los métodos y criterios por los cuales se establecen las reglas de funcionamiento de los llamados “sistemas energéticamente eficientes”</li> <li>• Conocer los principios fundamentales que rigen los procesos de eficiencia energética</li> <li>• Analizar el coste medioambiental que el uso de la energía fósil tiene sobre nuestro entorno y evaluar los costes subsidiarios derivados de su empleo frente a fuentes no convencionales</li> <li>• Llevar a cabo una exhaustiva revisión de las distintas fuentes de energía desde el punto de vista de su eficiencia</li> <li>• Establecer cuáles son los riesgos derivados del uso de las distintas fuentes de energía y sus</li> </ul>

repercusiones sobre nuestra seguridad

- Dar a conocer las principales tecnologías relacionadas con la eficiencia energética
- Estudiar los métodos de mejora de la eficiencia de los sistemas energéticos
- Analizar los sistemas de recuperación de la energía y su impacto sobre la eficiencia energética
- Conocer la normativa relacionada con los principios de eficiencia energética

### Conocimientos previos necesarios

Se recomienda tener conocimientos de procesos termodinámicos y transferencia de calor y masa

### Programa de la asignatura

#### Teoría

Tema 1: Fundamentos de conversión energética

Tema 2: Transferencia de energía térmica: fenómenos y mecanismos

Tema 3: Conversión de energía mediante ciclos termodinámicos

Tema 4: Sistemas de recuperación de calor

*Tema 5: Tecnologías de generación*

*a) Turbinas y microturbinas de vapor y gas. Aplicación a centrales de generación*

*b) Sistemas de ciclo combinado y cogeneración*

*c) Motores de combustión y motores eléctricos. Aplicación al sistema de transporte*

*Tema 6: Generación distribuida: integración en la red*

*Tema 7: Sistemas de distribución. Gestión de la demanda. Redes inteligentes*

*Tema 8: Fundamentos de Eficiencia Energética: aplicación a la tecnología de conversión*

*Tema 9: Eficiencia y Ahorro Energético: métodos y sistemas*

*Tema 10: Energías Renovables y Eficiencia Energética: edificación*

Tema 11: Gestión de la energía en el sector industrial: procesos y metodología.

#### Normativa

Tema 12: Políticas energéticas y gestión de la energía. Análisis económico

#### Seminarios

*Seminario 1: Conversión energética: centrales de generación*

*Seminario 2: Distribución de la energía*

*Seminario 3: Eficiencia Energética*

#### Prácticas

Práctica 1: Conversión de energía en turbinas de vapor

Práctica 2: Generación de energía en plantas hidroeléctricas

Práctica 3: Determinación del COP en máquinas

Práctica 4: Evaluación del factor de potencia I: máquinas y motores. Compensación de cargas reactivas

Práctica 5: Evaluación del factor de potencia II: sistemas de iluminación. Eficiencia y ahorro energético

Práctica 6: Evaluación energética de procesos con combustibles fósiles

Práctica 7: Sistemas con recuperación de calor

Práctica 8: Análisis energético de sistemas: operaciones con ciclos

### Bibliografía

- CRC Handbook of Energy Efficiency. Edited by Frank Kreith and Ronald E. West. Ed. CRC Press. 1997
- Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. Edited by Frank Kreith and D. Yogi Goswami. Ed. CRC Press. Taylor and Francis. 2007
- Eficiencia energética en los edificios. J.M. Fernández Salgado. Ed. Vicente Madrid. 2011
- Eficiencia energética eléctrica. Tomos I a IV. J.M. Merino. Ed. Summertown. 2000-2008
- Manual de eficiencia energética térmica en la industria. L.A. Molina. Ente Vasco de Energía. 2008
- Dispositivos y sistemas para ahorro de energía. P. Esquerra. Ed. Marcombo. 1988
- Energy efficiency: principles and practices. P. McLean-Conner. Ed. Pennwell Corp. 2009

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la Eficiencia Energética y su relación con los procesos de conversión. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos
- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán

<p>relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos de asignatura y casos prácticos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Son casos prácticos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Los proyectos se ejecutarán en grupos de 3-4 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso</li> </ul> </li> <li>• Evaluación final                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase</li> <li>• Las prácticas de laboratorio</li> <li>• La resolución de casos prácticos</li> <li>• La realización de proyectos de asignatura</li> </ul> <p>La calificación media de los ejercicios resueltos en clase tendrá un peso específico del 7.5%                      La calificación media de los casos prácticos tendrá un peso específico del 7.5%                      La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%                      La calificación del proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5Ex + 0.075Pb + 0.075Cp + 0.25Pr + 0.1Py$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, <math>Pb</math> la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, <math>Cp</math> la calificación media de los casos prácticos resueltos, <math>Pr</math>, la calificación media de las prácticas de laboratorio, <math>Py</math> la calificación del proyecto de asignatura, y <math>Ex</math> la nota del examen final.</p> <p>Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 3.5 puntos en el examen final.</p>		

2.2. Energía Nuclear



# Máster en Energía (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Energía Nuclear</b>	<b>Código</b>	606764	
<b>Materia:</b>	Fuentes de Energía	<b>Módulo:</b>	Básico	
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.3	0.75	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	35.5	7.5	17.5

<b>Profesor coordinador:</b>	Óscar Moreno Díaz	<b>Dpto:</b>	FAMN
	<b>Despacho:</b> Dpto. FAMN, 3ª planta	<b>e-mail:</b>	osmoreno@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L M,J	19:00-20:30 17:30-19:00	Oscar Moreno Díaz	Todo el cuatrimestre	43	FAMN

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Física Nuclear	12	Joaquín López Herraiz Víctor Sánchez- Tembleque Verbo	9	FAMN
		L,M, J: 16:00-19:00 8,9,11,15,16 18/01/2018		9	
A2	Laboratorio Física Nuclear	12	Joaquín López Herraiz Víctor Sánchez- Tembleque Verbo	9	FAMN
		L,M, J: 16:00-19:00 8,9,11,15,1 18/01/2018		9	



Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Óscar Moreno Díaz	L, M, J de 19:00 a 20:00	<a href="mailto:osmoreno@ucm.es">osmoreno@ucm.es</a>	Despacho de O. Moreno (Dpto. FAMN, 3ª planta)

Objetivos de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formar al alumno en los fundamentos físicos de la Energía Nuclear.</li> <li>• Dotar al alumno de la capacidad de análisis para la resolución de problemas y casos prácticos.</li> <li>• Facilitar al estudiante el acceso a los conocimientos esenciales para el desarrollo de su actividad profesional en el campo de la Energía Nuclear.</li> <li>• Adquirir las habilidades necesarias para el tratamiento de los fenómenos y procesos en Energía Nuclear.</li> </ul>

Breve descripción de contenidos
<p>La estructura de la asignatura de Energía Nuclear se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de los fenómenos y estructuras que tienen lugar a las escalas femtoscópicas</li> <li>• Conocimiento de la diversidad de reacciones nucleares que tienen lugar de forma natural en el cosmos, así como de sus aplicaciones para usos prácticos en nuestra sociedad</li> <li>• Conocimiento en profundidad de los balances energéticos en los procesos nucleares</li> </ul>

Competencias
CB6 CG03-CG05-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG19-CG20-CG21 CT3-CT4-CT6 CE2-CE3-CE4-CE5-CE6-CE10-CE18

Conocimientos previos necesarios
Se recomienda tener conocimientos previos de Mecánica Cuántica

Programa de la asignatura
<p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tema 1: Introducción a la femtofísica: El núcleo atómico y sus componentes, interacciones fundamentales, leyes de conservación, clasificación de partículas.</li> <li>• Tema 2: Propiedades globales de los núcleos relacionadas con procesos energéticos: tamaños, masas y energías de ligadura. Curva de energía de ligadura por nucleón, estabilidad nuclear y abundancia isotópica.</li> <li>• Tema 3: Desintegraciones radiactivas asociadas a liberación de energía: alfa, beta y gamma. Ley general de desintegración, vida media, desintegración multimodal y vida media parcial. Cadenas radiactivas y equilibrio secular. Dosimetría, protección radiológica, efectos de la exposición a la radiactividad. Radiactividad ambiental.</li> <li>• Tema 4: Reacciones nucleares con impacto en procesos energéticos: tipos, cinemática, balance energético. Sección eficaz microscópica y macroscópica.</li> <li>• Tema 5: Generación de energía nuclear por reacciones de fisión: fisión espontánea, inducida y en cadena, secciones eficaces de dispersión de neutrones (elástica, inelástica, fisión inducida y captura radiativa), materiales fisibles, fisionables y fértiles, distribución de masas y energías en los productos de fisión, factor de multiplicación en reacciones en cadena.</li> <li>• Tema 6: Las centrales nucleoelectricas: tipos, componentes, funcionamiento, ciclo del combustible nuclear, gestión de residuos nucleares. La energía nuclear en la actualidad, en España y en el mundo.</li> <li>• Tema 7: Generación de energía nuclear por reacciones de fusión: barrera coulombiana, confinamiento, balance energético. Fusión estelar. Fusión nuclear como fuente futura de energía, proyecto ITER.</li> </ul> <p><u>Prácticas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Práctica 1: Radiación alfa</li> <li>• Práctica 2: Radiación beta</li> <li>• Práctica 3: Radiación gamma</li> <li>• Práctica 4: Coincidencias gamma</li> <li>• Práctica 5: Cámara de niebla y detectores</li> </ul>

Programa de la asignatura: distribución horaria
<p><u>Teoría:</u> 43 horas. Las clases teóricas incluyen las sesiones correspondientes a seminarios de problemas</p> <p><u>Prácticas:</u> 17.5 horas.</p>

Bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos de física nuclear e introducción a la energía nuclear:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- K. S. Krane. <i>Introductory Nuclear Physics</i>. John Wiley &amp; Sons, 1988.</li> </ul> </li> </ul>

- W. S. C. Williams. *Nuclear and Particle Physics*. Oxford University Press, 2003.
- W. N. Cottingham, D. A. Greenwood. *An Introduction to Nuclear Physics*. Cambridge University Press, 2004.
- Energía nuclear:
  - D. Bodansky. *Nuclear Energy*. Springer, 2004.
  - J. A. Fay, D. S. Golomb. *Energy and the Environment*. Oxford University Press, 2002.
  - R. Wolfson. *Nuclear Choices. A citizen's Guide to Nuclear Technology*. The MIT Press, 1993.
- Introducción a la física nuclear y de partículas, energía y reacciones de fusión:
  - O. Moreno. *La energía de las estrellas. De los núcleos atómicos a los núcleos estelares*. Colección Un paseo por el Cosmos. RBA, 2016.

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus virtual UCM con los contenidos de la asignatura.
- Página web del laboratorio de la asignatura.
- Enlaces a material y cursos online de libre acceso de otras universidades: MIT OpenCourseware, MITx, EdX, etc.
- Enlaces a sitios web de interés con referencias y material bibliográficos, proyectos e informes relacionados con la energía nuclear y el medio ambiente, artículos de investigación, bases de datos de propiedades nucleares, organismos nacionales e internacionales de energía nuclear, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos en el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos básicos en el campo de la energía nuclear. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos. Los desarrollos matemáticos en la pizarra son también esenciales para la adecuada comprensión de la utilización de los conceptos.
- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación

<p>numérica en la solución del problema planteado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Prácticas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso.</li> </ul> </li> <li>• <b>Proyectos de asignatura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Son temas relacionados con el mundo de la energía nuclear donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Los proyectos se ejecutarán en grupos de 3-4 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso.</li> </ul> </li> <li>• <b>Evaluación final</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales.</li> </ul> </li> </ul>
--

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso: (50-80%)</b>	60%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso: (10-80%)</b>	40%
<p>Asimismo, se evaluará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase.</li> <li>• Las prácticas de laboratorio.</li> <li>• La realización de proyectos de asignatura.</li> </ul> <p>La calificación media de los ejercicios resueltos en clase tendrá un peso específico del 10%.</p> <p>La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 20%.</p> <p>La calificación del proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%.</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $Cf = 0.6 Ex + 0.1 Pb + 0.2 Pr + 0.1 Py$ <p>donde Cf es la calificación final, Ex la nota del examen final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio y Py la calificación del proyecto de la asignatura.</p>		

2.3. Sistemas y Reactores de Fisión



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Sistemas y Reactores de Fisión</b>			<b>Código</b>	606772
<b>Materia:</b>	Sistemas y Dispositivos	<b>Módulo:</b>	Avanzado		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticos	Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.3	0.75	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	35.5	7.5	17.5

<b>Profesor coordinador:</b>	Óscar Moreno Díaz			<b>Dpto:</b>	FAMN
	<b>Despacho:</b>	Dpto. FAMN, 3ª planta	<b>e-mail</b>	osmoreno@ucm.es	

Teoría y problemas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
12	L,X	14:30-16:00	Óscar Moreno Díaz	Todo el semestre	40.5	FAMN
	M	19:00-20:30				
12	M	19:00-20:30	Daniel Sánchez Parcerisa	2 sesiones Fecha por determinar	2.5	FAMN

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Aula 5B y Laboratorio de Energía Nuclear (*)	6 de 3h	Daniel Sánchez Parcerisa	17.5	FAMN

(\*) Las horas y días se fijan en función de la disponibilidad del laboratorio

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
<b>Profesor</b>	<b>Horario</b>	<b>e-mail</b>	<b>Lugar</b>
Óscar Moreno Díaz	Consultar con el profesor	osmoreno@ucm.es	Despacho del profesor, dpto. FAMN (3ª planta)
Daniel Sánchez Parcerisa	Consultar con el profesor	dsparcerisa@ucm.es	Despacho del profesor, dpto. FAMN (3ª planta)

### **Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Cuando se haya completado esta materia el alumno conocerá en profundidad los sistemas y dispositivos relacionados con el campo de la energía en función de la especialidad por la que se haya decantado, sea ésta nuclear o renovable, caso de seleccionar una especialización concreta, o bien pudiendo conocer de ambos tipos si se decanta por una opción híbrida.

Por otro lado, esta materia capacitará al alumno en la comprensión general de los principios fundamentales de funcionamiento de los sistemas y dispositivos, nucleares o renovables, así como sus formas y modos de operación, lo que le permitirá en el futuro abordar el análisis del comportamiento de dichos sistemas con objeto bien de trabajar en la mejora de su comportamiento, bien en la obtención de energía de la manera más eficiente posible.

Finalmente, se debe indicar que esta materia habilitará al alumno para poder trabajar en el campo de la energía a nivel práctico, dado el enfoque eminentemente aplicado que presentan la práctica totalidad de los contenidos impartidos. Esto supone una ventaja evidente desde el punto de vista profesionalizante, y un valor añadido a la formación del alumno y a su nivel de aprendizaje.

- Conocer y comprender los procesos nucleares más relevantes para la producción de energía mediante fisión
- Comprender los principios básicos de la tecnología de centrales nucleares
- Entender el ciclo de combustible, los procedimientos de gestión de residuos, y de análisis de seguridad de reactores de fisión.
- Identificar los distintos tipos de reactores de fisión, y sus características fundamentales.
- Desarrollar las habilidades prácticas necesarias relevantes en producción de energía nuclear, así como en dosimetría y radioprotección.
- Conocer la influencia de la energía fisión en el entorno energético presente y futuro

Comprender los retos científicos y tecnológicos que representa el desarrollo de nuevos tipos de reactores de fisión y establecer las posibles mejoras en relación con los de las generaciones actuales.

### **Competencias**

CB4-CB6-CB7-CB8-CB10

CG02-CG03-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG15-CG19-CG20-CG21

CT1-CT3-CT4-CT7-CT8

CE1-CE6-CE8-CE15-CE16

### Resumen

La estructura de la asignatura de Sistemas y Reactores de Fisión desarrolla los contenidos básicos siguientes:

- Principios generales de la producción de energía eléctrica mediante fisión nuclear
- Principios físicos puestos en juego en los reactores de fisión nuclear
- Tipos de reactores nucleares
- Ciclo de combustible, seguridad y gestión de residuos

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de la asignatura obligatoria "Energía Nuclear".

### Programa de la asignatura

1. Energía nuclear y fisión nuclear
  - a. Energía nuclear de fisión. Desarrollo histórico
  - b. Análisis de la fisión. Productos de fisión
  - c. Energía liberada en la fisión
2. Reacciones en cadena y neutrónica
  - a. Criticalidad y factor de multiplicación
  - b. Neutrónica y cinética de reactores
  - c. Procesos físicos en un reactor: fisión, absorción y moderación
  - d. Ecuaciones de transporte y difusión
  - e. Control de reactores. Materiales de control y venenos neutrónicos
3. Centrales nucleares
  - a. Tipos de reactores: generalidades
  - b. Reactores de agua ligera (PWR y BWR) y de agua pesada (CANDU).
  - c. Reactores convertidores y regeneradores
  - d. Termohidráulica
  - e. Sistemas principal y auxiliares
  - f. Sistemas de control
  - g. Diseño de contención
4. El ciclo de combustible
  - a. Tipos de ciclo de combustible
  - b. Enriquecimiento y primera fase del ciclo
  - c. Operación
  - d. Segunda fase del ciclo
  - e. Disponibilidad de uranio y otros combustibles nucleares
  - f. Reprocesado
5. Residuos radiactivos
  - a. Clasificación y origen
  - b. Tratamiento de los residuos
  - c. Análisis de riesgos de los residuos nucleares
  - d. Aspectos legislativos
  - e. Almacenamiento de residuos. Almacenamiento temporal. Almacenamiento geológico profundo
  - f. El almacenamiento de residuos en el mundo
6. Elementos de seguridad nuclear
  - a. Principios básicos
  - b. Análisis determinista y probabilístico
  - c. Incidentes y accidentes, escalas
7. Análisis de accidentes nucleares

- a. Repaso histórico. Riesgos comparados frente a otras fuentes de energía
- b. Análisis de accidentes importantes: Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima
- 8. Sistemas avanzados y futuros
  - a. Reactores futuros: generalidades
  - b. Reactores de III y IV generación
  - c. Sistemas subcríticos y ADS
  - d. Reactores de alta temperatura refrigerados por gas y de metal líquido
  - e. Perspectivas de la energía nuclear de fusión, confinamiento magnético e inercial
- 9. Armamento nuclear y medidas antiproliferación
  - a. Material para explosivos nucleares. Uranio y plutonio. Diferencias entre el combustible nuclear y el material para armamento nuclear
  - b. Explosivos de fisión. Masa crítica
  - c. Explosivos termonucleares. Explosivos fisión-fusión-fisión
  - d. Medidas antiproliferación, el tratado de no proliferación, la OIEA

Prácticas de laboratorio

(pendiente)

### Bibliografía

- E. E. Lewis. *Fundamentals of Nuclear Reactor Physics*. Elsevier. ISBN 9780123706317.
- S. Glasstone y A. Sesonske. *Ingeniería de reactores nucleares*. Ed. Reverté. ISBN 9788429140354.
- W. M. Stacey. *Nuclear Reactor Physics*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. ISBN 9783527406791.
- A. Foderaro. *The elements of neutron interaction theory*. MIT Press Classic. ISBN 0262561603.
- G. F. Knoll. *Radiation detection and measurement*. John Wiley & Sons LTD (2ª). ISBN 9780471073383.

### Recursos en internet

- Campus virtual UCM con los contenidos de la asignatura: temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Página web del laboratorio de la asignatura.
- Enlaces a material y cursos online de libre acceso de otras universidades: MIT OpenCourseware, MITx, EdX, etc.
- Enlaces a sitios web de interés con referencias y material bibliográficos, proyectos e informes relacionados con la energía nuclear y el medio ambiente, artículos de investigación, bases de datos de propiedades nucleares, organismos nacionales e internacionales de energía nuclear, etc.



<b>Metodología</b>
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases teóricas: tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura. Las clases discurren con apoyo de medios audiovisuales, de modo que se garantiza un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua.</li> <li>• Ejercicios: consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico con objeto de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado.</li> <li>• Prácticas de laboratorio: ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema, y simulaciones por medio de métodos numéricos, donde el alumno se familiarizará con el manejo de instrumental y paquetes de simulación y computación. Las prácticas estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se realizan en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso.</li> <li>• Visitas externas: consisten en visitas de campo a instalaciones de centrales de generación, plantas de combustible o laboratorios de investigación en fisión y datos nucleares.</li> <li>• Seminarios: impartidos por especialistas externos a la UCM sobre temas de actualidad correspondientes a los apartados del temario.</li> <li>• Evaluación final: prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales.</li> </ul>

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
<p>Se evaluarán también:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase, con un peso de 10%.</li> <li>- Un proyecto basado en uno de los temas de la asignatura, de los seminarios o de las visitas externas, con un peso del 10%</li> <li>- Las prácticas de laboratorio, con un peso de 20%</li> </ul>		
<b>Calificación final</b>		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $Cf = 0.6 Ex + 0.1 Pb + 0.2 Pr + 0.1 Py ,$ <p>donde Cf es la calificación final, Ex la nota del examen final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio y Py la calificación del proyecto de la asignatura.</p>		

2.4. Sistemas Solares Térmicos



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Sistemas Solares Térmicos</b>			<b>Código</b>	606773
<b>Materia:</b>	Sistemas y Dispositivos	<b>Módulo:</b>	Avanzado		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4	1	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	33	10	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Armenta Déu			<b>Dpto:</b>	FAMN
	<b>Despacho:</b>	211	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12 Aula 15	L,X M	19:00-20:30 17:30-19:00	Daniel Vázquez Molini	13,14/02/2018 19,20,26 y 27/02/2018 05,06,12,13/03/2018	15	Óptica
Aula 12 Aula 1 Inf.	L,X M	14:30-16:00 17:30-19:00		21,28/02/2018 07,14/03/2018	6	
12	L,X M	19:00-20:30 17:30-19:00	Carlos Armenta Déu	19/03/2018-21/03/2018 03/04/2018-23/04/2018	18	FAMN
	L,X M	14:30-16:00 17:30-19:00		24-30/04/2018	4	

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio de Óptica, 3ª planta	3,7,8/05/2018 14:30-16:00	Daniel Vázquez Molini	4.5	Óptica
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur	3,7,8,10,14/05/2018 17,28,29,31/05/2018 14:30-16:00	Luis Dinis Vizcaíno	13	FAMN

<b>A2</b>	Laboratorio de Óptica, 3ª planta	21,22,24/05/2018 14:30-16:00	Daniel Vázquez Molini	4.5	Óptica
<b>A2</b>	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur	3,7,8,10,14/05/2018 17,21,22,24/05/2018 14:30-16:00	Carlos Armenta Déu	13	FAMN

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
<b>Profesor</b>	<b>horarios</b>	<b>e-mail</b>	<b>Lugar</b>
C. Armenta Déu	M,J:14:30-16:00	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	Sem. Dpto. FAMN
L. Dinis	M,J:14:30-16:00	<a href="mailto:ldinis@fis.ucm.es">ldinis@fis.ucm.es</a>	Sem. Dpto. FAMN
D. Vázquez	M:16:00-19:00	<a href="mailto:dvazquez@ucm.es">dvazquez@ucm.es</a>	Sem. Dpto. Óptica

### **Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Cuando se haya completado esta materia el alumno conocerá en profundidad los sistemas y dispositivos relacionados con el campo de la energía en función de la especialidad por la que se haya decantado, sea ésta nuclear o renovable, caso de seleccionar una especialización concreta, o bien pudiendo conocer de ambos tipos si se decanta por una opción híbrida.

Por otro lado, esta materia capacitará al alumno en la comprensión general de los principios fundamentales de funcionamiento de los sistemas y dispositivos, nucleares o renovables, así como sus formas y modos de operación, lo que le permitirá en el futuro abordar el análisis del comportamiento de dichos sistemas con objeto bien de trabajar en la mejora de su comportamiento, bien en la obtención de energía de la manera más eficiente posible.

Finalmente, se debe indicar que esta materia habilitará al alumno para poder trabajar en el campo de la energía a nivel práctico, dado el enfoque eminentemente aplicado que presentan la práctica totalidad de los contenidos impartidos. Esto supone una ventaja evidente desde el punto de vista profesionalizante, y un valor añadido a la formación del alumno y a su nivel de aprendizaje.

- Desarrollar los fundamentos básicos de la conversión térmica solar de manera que el alumno alcance el nivel de conocimientos necesario para comprender los fenómenos que tienen lugar en los sistemas solares térmicos
- Familiarizar al alumno con los principales tipos de sistemas solares térmicos que existen en la actualidad y que se utilizan como elementos de conversión de la energía solar en energía térmica
- Hacer comprender al alumno los principios de funcionamiento de los principales dispositivos que conforman los sistemas solares térmicos
- Estudiar las características de los sistemas solares térmicos y su influencia en los procesos de conversión energética
- Conocer la estructura de los diferentes sistemas solares térmicos
- Dar a conocer las diferentes aplicaciones en las que los sistemas solares térmicos intervienen
- Poner en contacto al alumno con sistemas y dispositivos solares térmicos y potenciar sus habilidades técnicas y prácticas en la operación de tales sistemas y dispositivos
- Establecer una sinergia entre el mundo académico y el profesional que permita al alumno mejorar su formación y conocer directamente los desarrollos tecnológicos y sistemas que operan en la sociedad
- Integrar el proceso de formación del alumno en las nuevas tendencias y desarrollos a través del contacto con las modernas líneas de trabajo, tanto científicas como profesionales, que se están desarrollando en la sociedad

Conseguir que el alumno alcance un nivel de conocimientos teórico-prácticos en el campo de la conversión solar térmica que le habilite para el desarrollo de la profesión tanto en el ámbito científico como en el profesional

### Competencias

CB4-CB6-CB7-CB8-CB10  
 CG02-CG03-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG15-CG19-CG20-CG21  
 CT1-CT3-CT4-CT7-CT8  
 CE1-CE6-CE8-CE15-CE16

### Resumen

- Desarrollar los fundamentos básicos de la conversión térmica solar de manera que el alumno alcance el nivel de conocimientos necesario para comprender los fenómenos que tienen lugar en los sistemas solares térmicos
- Familiarizar al alumno con los principales tipos de sistemas solares térmicos que existen en la actualidad y que se utilizan como elementos de conversión de la energía solar en energía térmica
- Hacer comprender al alumno los principios de funcionamiento de los principales dispositivos que conforman los sistemas solares térmicos
- Estudiar las características de los sistemas solares térmicos y su influencia en los procesos de conversión energética
- Conocer la estructura de los diferentes sistemas solares térmicos
- Dar a conocer las diferentes aplicaciones en las que los sistemas solares térmicos intervienen
- Poner en contacto al alumno con sistemas y dispositivos solares térmicos y potenciar sus habilidades técnicas y prácticas en la operación de tales sistemas y dispositivos
- Establecer una sinergia entre el mundo académico y el profesional que permita al alumno mejorar su formación y conocer directamente los desarrollos tecnológicos y sistemas que operan en la sociedad
- Integrar el proceso de formación del alumno en las nuevas tendencias y desarrollos a través del contacto con las modernas líneas de trabajo, tanto científicas como profesionales, que se están desarrollando en la sociedad
- Conseguir que el alumno alcance un nivel de conocimientos teórico-prácticos en el campo de la conversión solar térmica que le habilite para el desarrollo de la profesión tanto en el ámbito científico como en el profesional

### Conocimientos previos necesarios

*Asignatura de Evaluación del Recurso Eolo-solar de Primer Cuatrimestre del Máster Universitario en Energía*

### Programa de la asignatura

#### Teoría

Tema 1: Fundamentos ópticos de sistemas solares: geometría plana y aproximación paraxial, Sistemas de imagen y óptica no formadora de imagen. Parámetros de evaluación

Tema 2: Sistemas de encauzamiento y concentración. Sistemas reflexivos y refractivos. Aberraciones ópticas

Tema 3: Propiedades ópticas de sistemas de concentración. Parámetros de optimización. Tolerancias. Cálculo de sistemas

Tema 4: Diseño de sistemas por trazado de rayos: técnicas de simulación y generación

de modelos

Tema 5: Tratamiento superficial: teoría de multicapas. Tecnologías de tratamiento y caracterización de superficies

Tema 6: Captadores solares térmicos de placa plana: ecuaciones de balance energético

Tema 7: Captadores solares de concentración: balance de energía

Tema 8: Energía Solar Térmica y Edificación: Arquitectura Bioclimática

#### Seminarios

Seminario 1: Procesos ópticos en sistemas solares: Simulación de sistemas complejos. Desarrollo de algoritmos de optimización

Seminario 2: Métodos de cálculo de sistemas solares térmicos de baja temperatura

#### Prácticas

Práctica 1: Diseño conceptual. Configuración básica del sistema

Práctica 2: Medida de factores de concentración

Práctica 3: Estimación de aberraciones

Práctica 4: Evaluación del comportamiento térmico de un sistema solar de placa plana

Práctica 5: Evaluación del comportamiento térmico de un captador solar semiesférico

Práctica 6: Evaluación del comportamiento de un sistema solar de tubos de vacío

Práctica 7: Evaluación del comportamiento energético de un recinto bioclimático

Práctica 8: Análisis psicrométrico de edificaciones

### Bibliografía

- Solar Engineering of Thermal Processes. [John A. Duffie](#) and [William A. Beckman](#). Ed. John Wiley and Sons, 3rd ed. 2006
- Principles of Solar Engineering. Yogi Goswami, Frank Kreith and Jan. F. Kreider. Ed. Taylor and Francis, 2<sup>nd</sup> ed. 2000
- Guía completa de la energía solar térmica y termoeléctrica: (adaptada al código técnico de la edificación y al nuevo RITE). José María Fernández Salgado. Ed. Madrid Vicente. 2010
- Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. [Zekai Sen](#). Springer
- Solar Thermal Energy Storage. H.P. Garg, S.C Mullik and V.K. Bhargava. Ed. Kluwer Ac. Pub. 1985
- Physics and Technology of Solar Energy: Solar Thermal Applications v. 1: Volume I: Solar Thermal Applications. H.P. Garg et al. Ed. Kluwer Ac. Pub. 1987
- Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Soteris A. Kalogirou. Ed. Academic Press. 2009
- Energía solar térmica y de concentración: manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento adaptado al Código Técnico de Edificación (CTE) y al nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), Antonio Madrid Vicente, Ed. Madrid Vicente. 2009
- Manual de energía solar térmica: diseño y cálculo de instalaciones. Luis J. Cañada Rivera. Ed. UPV. 2008

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la Energía Solar Térmica y su relación con la generación de calor a partir de esta fuente renovable. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos
- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en subgrupos de 3 personas
- Proyectos de asignatura/casos prácticos
  - Son casos prácticos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Los proyectos se ejecutarán en grupos de 3-4 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso
- Evaluación final
  - Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre. Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación igual o superior a 3.5 en el examen final.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase</li> <li>• Las prácticas de laboratorio</li> <li>• La resolución de casos prácticos</li> <li>• La realización de proyectos de asignatura</li> </ul> <p>La calificación media de los ejercicios resueltos en clase tendrá un peso específico del 7.5%</p> <p>La calificación media de los casos prácticos tendrá un peso específico del 7.5%</p> <p>La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%</p> <p>La calificación del proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5Ex + 0.075C_p + 0.075P_b + 0.25Pr + 0.1Py$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, <math>P_b</math> la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, <math>C_p</math> la calificación media de los casos prácticos resueltos, <math>Pr</math>, la calificación media de las prácticas de laboratorio, <math>Py</math> la calificación del proyecto de asignatura, y <math>Ex</math> la nota del examen final.</p> <p>Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 3.5 puntos en el examen final.</p>		

2.5. Energía Solar Fotovoltaica



**MÁSTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b>			<b>Código</b>	606765
<b>Materia:</b>	Fuentes de Energía	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4	0.9	1.1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	33	10	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Ignacio Martil de la Plaza			<b>Dpto:</b>	FA III
	<b>Despacho:</b>	119	<b>e-mail</b>	imartil@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L	17.30-19.00	Ignacio Mártil de la Plaza	Primer Cuatrimestre	25.5	FA III
	X, J	14.30-16.00	Eric García Hemme		17.5	

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Lab. Electrónica	12	Ignacio Martil	17.5	FA-III
	Aula Informática	X-J desde la sexta semana			
A2	Lab. Electrónica	12	Ignacio Martil	17.5	FA-III
	Aula Informática	X-J desde la sexta semana			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Ignacio Mártil de la Plaza	M, J, V (10.00-13.00)	imartil@fis.ucm.es	Despacho 119



**Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Después de cursar esta materia el alumno habrá adquirido la formación básica necesaria en el campo de la energía, tanto para conocer los fundamentos relacionados con las principales fuentes de energía, sean convencionales o renovables, que constituyen actualmente el mix de la energía en España y el resto del mundo, como comprender los principales fenómenos relacionados con los dichos tipos de energía. Igualmente, el alumno se encontrará en condiciones de abordar el estudio, de manera más detallada y profunda, de todos los procesos relacionados con la energía nuclear, solar o eólica. Por otra parte, una vez finalizada esta parte del curso el alumno habrá alcanzado un elevado nivel de formación en aspectos específicos directamente relacionados con los diferentes campos de la energía que estudia esta materia.

- 1.- Discutir las distintas alternativas de la conversión fotovoltaica, específicamente la elección de la tecnología de células solares más adecuada como por ejemplo silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales en lámina delgada
- 2.- Resolver problemas y aplicaciones en el ámbito de la energía solar fotovoltaica con diversas técnicas. Análisis comparativo y discusión de resultados
- 3.- Valorar y contrastar aspectos novedosos en el campo de la investigación en energía solar fotovoltaica
- 4.- Demostrar la capacidad de trabajar en el mundo empresarial del sector de la energía solar fotovoltaica o en el campo de la investigación en dicho ámbito
- 5.- Desarrollar capacidad de análisis y de diseño básico de células solares

**Competencias**

CB6  
 CG03-CG05-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG19-CG20-CG21  
 CT3-CT4-CT6  
 CE2-CE3-CE4-CE5-CE6-CE10-CE18

**Resumen**

La estructura de la asignatura de Energía Solar Fotovoltaica se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Conceptos básicos de Física de semiconductores y de Física de dispositivos de Unión
- Fundamentos físicos de los dispositivos fotovoltaicos
- Análisis detallado de las propiedades físicas de los distintos tipos de células solares existentes en la actualidad
- Fundamentos físicos de los dispositivos de alta eficiencia
- Técnicas de caracterización de dispositivos fotovoltaicos

### Conocimientos previos necesarios

Es imprescindible haber cursado o tener conocimientos significativos de Física de semiconductores y de Física de dispositivos electrónicos

### Programa de la asignatura

#### TEORÍA

#### 1. Introducción a la energía solar fotovoltaica

Interés de la Energía Solar Fotovoltaica. Situación actual de la Energía Solar Fotovoltaica. Perspectivas de futuro. El mercado de la Energía Solar Fotovoltaica.

#### 2. Fundamentos de física de semiconductores

Bandas de energía en semiconductores. Semiconductores en equilibrio. Semiconductores fuera del equilibrio. Absorción de luz en semiconductores

#### 3. Física de los dispositivos de unión

Unión PN ideal. Unión PN real. Conceptos básicos de heteroestructuras

#### 4. Física de los dispositivos fotovoltaicos

Efecto fotovoltaico. Estructura de una célula solar. Parámetros característicos. Dispositivos reales: efectos térmicos, efectos de iluminación, efectos de resistencias parásitas. Reglas de diseño de células solares: pérdidas ópticas por reflexión, pérdidas por recombinación, diseño del contacto frontal

#### 5. Materiales para dispositivos fotovoltaicos

Introducción. Dispositivos de semiconductores cristalinos y multicristalinos: c-Si, mc-Si, células HIT. Dispositivos de lámina delgada: a-Si:H, CdTe, Cu (GaIn<sub>1-x</sub>) Se<sub>2</sub>.

#### 6. Dispositivos de alta eficiencia

Generaciones de dispositivos fotovoltaicos. Células de multi-unión.. Dispositivos basados en semiconductores de banda intermedia Dispositivos basados en pozos cuánticos

#### 7. Tecnologías de fabricación de células solares

Técnicas de crecimiento de cristales semiconductores. Tecnologías de lámina delgada. Ruta de fabricación de células solares de Si

**PRÁCTICAS**

**Práctica Nº 1.** Medidas I-V en oscuridad. Corrientes de saturación. Factor de idealidad. Resistencias serie y paralelo. Modelo de doble diodo

**Práctica Nº 2.** Medidas I-V en iluminación. Corriente en cortocircuito. Tensión de circuito abierto. Punto de máxima potencia. Factor de curva. Eficiencia

**Práctica Nº 3.** Introducción al programa PC1D para simulación de dispositivos fotovoltaicos

**Práctica Nº 4.** Simulación de una célula solar de homounión

**Práctica Nº 5.** Simulación de una célula solar de multiunión

**Bibliografía**

- 1.- Stephen J. Fonash. "Solar cell Device Physics" (2nd Edition) Academic Press, 2010
- 2.- A. Goetzberger, J. Knobloch and B. Voss "Crystalline Silicon Solar Cells" (2nd Edition) J. Wiley, 1998
- 3.- Handbook of Photovoltaic Science and Engineering (2nd Edition). A. Luque and S. Hegedeus (editors). J. Wiley, 2011
- 4.- T. M. Razykov et al. "Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects" Solar Energy 85 (2011) 1580
- 5.- V. Avrutin, N. Izyumskaya and H. Morkoç "Semiconductor solar cells: Recent progress in terrestrial applications" Superlattices and Microstructures 49 (2011) 337

**Recursos en internet**

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

**Metodología**

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios
- Prácticas de laboratorio

En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra o proyecciones con ordenador.

Para las lecciones teóricas se facilitarán lecturas recomendadas a realizar por el alumno previamente a ver el tema en clase, y enunciados de ejercicios a realizar por el alumno. Las lecturas previas recomendadas para las lecciones teóricas y los enunciados de los ejercicios se facilitarán a los alumnos con antelación suficiente en el Campus Virtual.

**Evaluación**

**Realización de exámenes**

**Peso:**

65%

Evaluación final: se llevará a cabo un examen al final del cuatrimestre

**Otras actividades de evaluación**

**Peso:**

35%

Asimismo, se evaluará:

- Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase. La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 10%
- Las prácticas de laboratorio. La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%

**Calificación final**

El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:

$$Cf=0.65Ex+0.25Pr+0.1Pb$$

donde Cf es la calificación final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Pr, la calificación media de las prácticas de laboratorio, y Ex la nota del examen final

2.6. Sistemas Solares Fotovoltaicos



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Sistemas Solares Fotovoltaicos</b>			<b>Código</b>	606774
<b>Materia:</b>	Sistemas y Dispositivos	<b>Módulo:</b>	Avanzado		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	5	1	
<b>Horas presenciales</b>	61	43	18	

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Enrique San Andrés			<b>Dpto:</b>	FA-III
	<b>Despacho:</b>	205	<b>e-mail</b>	esas@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L, M, X	16:00-17:30	Enrique San Andrés	13 febrero al 30 de abril	43	FA-III

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
<b>A1</b>	-Laboratorio de Electrónica, sótano, módulo este. -Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur.	M,J 16:00 a 19:00 8,10,22,24,29,31/05/2018	Enrique San Andrés	18	FA-III	
<b>A2</b>	-Laboratorio de Electrónica, sótano, módulo este. -Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur.	M,J 16:00 a 19:00 8,10,22,24,29,31/05/2018	C. Armenta L. Dinis	9 9	FAMN	

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
<b>Profesor</b>	<b>horarios</b>	<b>e-mail</b>	<b>Lugar</b>
Enrique San Andrés	L,X: 9:30-11:30	esas@ucm.es	D. 205 módulo central

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar los fundamentos básicos de la conversión fotovoltaica de manera que el alumno alcance el nivel de conocimientos necesario para comprender los fenómenos que tienen lugar en los sistemas solares fotovoltaicos</li> <li>• Familiarizar al alumno con los principales tipos de sistemas solares fotovoltaicos que existen en la actualidad y que se utilizan como elementos de conversión de la energía solar en energía fotovoltaica</li> <li>• Hacer comprender al alumno los principios de funcionamiento de los principales dispositivos que conforman los sistemas solares fotovoltaicos</li> <li>• Estudiar las características de los sistemas solares fotovoltaicos y su influencia en los procesos de conversión energética</li> <li>• Conocer la estructura de los diferentes sistemas solares fotovoltaicos</li> <li>• Dar a conocer las diferentes aplicaciones en las que los sistemas solares fotovoltaicos intervienen</li> <li>• Poner en contacto al alumno con sistemas y dispositivos solares fotovoltaicos y potenciar sus habilidades técnicas y prácticas en la operación de tales sistemas y dispositivos</li> <li>• Establecer una sinergia entre el mundo académico y el profesional que permita al alumno mejorar su formación y conocer directamente los desarrollos tecnológicos y sistemas que operan en la sociedad</li> <li>• Integrar el proceso de formación del alumno en las nuevas tendencias y desarrollos a través del contacto con las modernas líneas de trabajo, tanto científicas como profesionales, que se están desarrollando en la sociedad</li> <li>• Conseguir que el alumno alcance un nivel de conocimientos teórico-prácticos en el campo de la conversión solar fotovoltaica que le habilite para el desarrollo de la profesión tanto en el ámbito científico como en el profesiona</li> </ul>

<b>Competencias</b>
CB4-CB6-CB7-CB8-CB10 CG02-CG03-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG15-CG19-CG20-CG21 CT1-CT3-CT4-CT7-CT8 CE1-CE6-CE8-CE15-CE16

<b>Resumen</b>
La estructura de la asignatura de Sistemas Solares se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Desarrollo de los fundamentos teórico-prácticos de la conversión fotovoltaica.
- Estudio y análisis de los procesos de la conversión fotovoltaica, así como sus implicaciones en los distintos tipos de aplicaciones derivados (generación de energía eléctrica).
- Descripción de los principios de funcionamiento de los principales sistemas y dispositivos de la conversión fotovoltaica en sus distintos rangos de energía (bajo, medio y alto).
- Manejo y operación de sistemas solares fotovoltaicos con y sin seguimiento solar, para aplicaciones domésticas y de servicios.
- Caracterización de procesos de conversión solar fotovoltaica y utilización de los mismos en distintas aplicaciones.

### Conocimientos previos necesarios

Será necesario tener conocimientos básicos de teoría de circuitos y electrónica.

Será recomendable haber cursado la asignatura de Evaluación del Recurso Eolo-solar del primer cuatrimestre del Máster Universitario en Energía.

### Programa de la asignatura

#### Teoría

- Tema 1: Introducción. Componentes de un sistema fotovoltaico. Cálculo de productividad y dimensionado básico de sistemas fotovoltaicos.
- Tema 2: Paneles fotovoltaicos. Modelo simple del panel. Caracterización de paneles: curva de respuesta y de potencia. Efectos de sombra en la respuesta de los paneles.
- Tema 3: Dispositivos para la transmisión y conversión de la energía. Fundamentos de electricidad.
- Tema 4: Conexión directa a carga. Controladores de carga de batería. Conversores DC-DC. Seguimiento del punto óptimo.
- Tema 5: Inversores. Caracterización y propiedades.
- Tema 6: Sistemas seguimiento solar y concentración.
- Tema 7: Huertos solares y parques fotovoltaicos. Diseño y características.
- Tema 8: Conceptos económicos. Normativa fotovoltaica.

#### Prácticas

- Práctica 1: Caracterización de un panel fotovoltaico.
- Práctica 2: Conversores DC-DC
- Práctica 3: Evaluación del comportamiento de un panel fotovoltaico comercial

- Práctica 4: Operación de un sistema fotovoltaico en corriente continua: uso de reguladores
- Práctica 5: Manejo de inversores. Curva de eficiencia.
- Práctica 6: Operación de sistemas solares fotovoltaicos con circuitos de carga continua y de carga alterna.
- Práctica 7: Determinación del factor de sombras mediante el sistema *Solar Pathfinder*.
- Práctica 8: Circuitos solares sencillos. Baliza solar.

### Bibliografía

- *Photovoltaic Systems Engineering*. 3<sup>rd</sup> ed. R. A. Messenger and J. Ventre. CRC Press, 2012.
- *Planning & Installing Photovoltaic Systems* 2<sup>nd</sup> ed.. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. 2008.
- *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* 2<sup>nd</sup> ed. A. Luque and S. Hegedus. John Wiley & Sons. 2011.
- *Modelling Photovoltaic Systems using PSPICE* 1<sup>st</sup> Ed. L. Castañer, S. Silvestre. John Wiley & Sons. 2002.
- *Power Electronics*. 3<sup>rd</sup> ed. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins. John Wiley & Sons. 2003.
- *Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems* 1<sup>st</sup> Ed. R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodríguez. John Wiley & Sons. 2011
- *Ingeniería Fotovoltaica*. E. Lorenzo. Progensa, 2014.
- *Energía Solar Fotovoltaica*. O. Perpiñán. 2012. Libro disponible bajo licencia Creative Commons en <http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>
- *Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos*. E. Lorenzo. Progensa, 2006.

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:



- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la Energía Fotovoltaica y su relación con la generación de energía eléctrica a partir de esta fuente renovable. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos
- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos y/o mediante PSPICE con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado.
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos matriculados en el curso.
- Evaluación final
  - Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales.

**Evaluación**

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	60%
--------------------------------	--------------	-----

Evaluación final: se llevará a cabo al final del cuatrimestre. Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación igual o superior a 4 en el examen final.

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	40%
--	--------------	-----

Además se evaluará

- Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase
- Las prácticas de laboratorio

La media ponderada de las calificaciones de los problemas a realizar fuera de las horas de clase tendrá un peso del 25% y la de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 15%.

**Calificación final**

El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:

$$C_f = 0.6E_x + 0.25P_b + 0.15P_r$$

donde  $C_f$  es la calificación final,  $E_x$  la nota del examen final,  $P_b$  la calificación media ponderada de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, y  $P_r$  la calificación media de las prácticas de laboratorio.

2.7. Energía Eólica



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Energía Eólica</b>			<b>Código</b>	606766
<b>Materia:</b>	Fuentes de Energía	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.5	0.6	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	37.5	6	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Armenta Déu			<b>Dpto:</b>	FAMN
	<b>Despacho:</b>	211 (3ª Sur)	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,X M	17:30-19:00 14:30-16:00	Carlos Armenta Déu	19/02/2018-18/04/2018 23/04/2018-07/05/2018	43.5	FAMN

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur X: 16:00-19:00 9,16,23,30/05/2018 J,17 y L,28/05/2018:16:00-19:00	12	Carlos Armenta Déu Javier Jarillo	9 9	FAMN
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur X: 16:00-19:00 9,16,23,30/05/2018 J,17 y L,28/05/2018:16:00-19:00	12	Carlos Armenta Déu Elena Beltrán	9 9	FAMN

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Carlos Armenta Déu	M,X: 14.30-17.30	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	Seminario Dpto. FAMN
Jorge Contreras	V: 14.30-17.30	<a href="mailto:jorge.contreras@jcmbenergy.com">jorge.contreras@jcmbenergy.com</a>	Seminario Dpto. FA-I

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<p>Después de cursar esta materia el alumno habrá adquirido la formación básica necesaria en el campo de la energía, tanto para conocer los fundamentos relacionados con las principales fuentes de energía, sean convencionales o renovables, que constituyen actualmente el mix de la energía en España y el resto del mundo, como comprender los principales fenómenos relacionados con los dichos tipos de energía. Igualmente, el alumno se encontrará en condiciones de abordar el estudio, de manera más detallada y profunda, de todos los procesos relacionados con la energía nuclear, solar o eólica. Por otra parte, una vez finalizada esta parte del curso el alumno habrá alcanzado un elevado nivel de formación en aspectos específicos directamente relacionados con los diferentes campos de la energía que estudia esta materia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los fundamentos que rigen el comportamiento del viento desde un punto de vista físico, estableciendo las ecuaciones que rigen dicho comportamiento y los mecanismos y parámetros de control de la transformación de energía</li> <li>• Familiarizar al alumno con el proceso de conversión de la energía eólica, su relación con la Física y su influencia en el Medio Ambiente</li> <li>• Conocer los elementos y dispositivos de un sistema de generación eólica, así como sus características y principios de funcionamiento</li> <li>• Aprender a determinar la respuesta de un sistema eólico, especialmente desde el punto de vista de la generación de energía, así como determinar los factores que influyen sobre dicha respuesta y su incidencia en la conversión en energía eléctrica</li> <li>• Familiarizar al alumno con los modernos métodos numéricos para determinar la generación de energía eléctrica a partir del viento</li> <li>• Conocer las diferentes técnicas y procesos tecnológicos para la transformación de la energía del viento en energía eléctrica</li> <li>• Permitir acceder al conocimiento de la influencia que sobre el Medio Ambiente tienen los distintos procesos y sistemas utilizados, así como los mecanismos para limitar dicha influencia</li> <li>• Desarrollar un proceso metodológico que permita al alumno establecer criterios para un correcto diseño y dimensionado de un parque eólico</li> <li>• Formar al alumno en las técnicas básicas y avanzadas para el estudio y desarrollo de proyectos de Energía Eólica que puedan ser utilizados en el campo profesional</li> </ul> <p>Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía eólica dentro del ámbito de las empresas del sector</p>

Competencias
CB6 CG03-CG05-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG19-CG20-CG21 CT3-CT4-CT6 CE2-CE3-CE4-CE5-CE6-CE10-CE18

### Resumen

- Conocer los fundamentos que rigen el comportamiento del viento desde un punto de vista físico, estableciendo las ecuaciones que rigen dicho comportamiento y los mecanismos y parámetros de control de la transformación de energía
- Familiarizar al alumno con el proceso de conversión de la energía eólica, su relación con la Física y su influencia en el Medio Ambiente
- Conocer los elementos y dispositivos de un sistema de generación eólica, así como sus características y principios de funcionamiento
- Aprender a determinar la respuesta de un sistema eólico, especialmente desde el punto de vista de la generación de energía, así como determinar los factores que influyen sobre dicha respuesta y su incidencia en la conversión en energía eléctrica
- Familiarizar al alumno con los modernos métodos numéricos para determinar la generación de energía eléctrica a partir del viento
- Conocer las diferentes técnicas y procesos tecnológicos para la transformación de la energía del viento en energía eléctrica
- Permitir acceder al conocimiento de la influencia que sobre el Medio Ambiente tienen los distintos procesos y sistemas utilizados, así como los mecanismos para limitar dicha influencia
- Desarrollar un proceso metodológico que permita al alumno establecer criterios para un correcto diseño y dimensionado de un parque eólico
- Formar al alumno en las técnicas básicas y avanzadas para el estudio y desarrollo de proyectos de Energía Eólica que puedan ser utilizados en el campo profesional
- Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía eólica dentro del ámbito de las empresas del sector

### Conocimientos previos necesarios

*Evaluación del Recurso Eolo-solar (asignatura de Primer Cuatrimestre del Master Universitario en Energía)*

### Programa de la asignatura

#### Teoría

- Tema 1: *Características del recurso eólico: Ley de Betz. Potencial. Estudio de perfiles aerodinámicos.*
- Tema 2: *Métodos numéricos de simulación para generación eólica: lineales, de segundo orden, estadísticos*
- Tema 3: *Aerodinámica. Teoría del momento lineal:. Teoría del movimiento de rotación: combinación de perfiles en rotores*
- Tema 4: *Aerogeneradores. Tipos y características. Curva y coeficiente de potencia. Diseño y elementos. Configuración y aplicaciones*
- Tema 5: *Generación de energía. Métodos de cálculo. Clases de aerogeneradores  
Emplazamiento: clasificación. Sistemas y subsistemas de control*

#### Seminarios

- *: Parques eólicos: diseño y dimensionado. Aspectos técnicos y tecnológicos.*
- *Sistemas “on-shore” y “off-shore”*

**Prácticas**

- Práctica 1: Determinación del perfil de velocidades en la pala de un aerogenerador
- Práctica 2: Caracterización de un aerogenerador de eje horizontal: potencia e intensidad de viento variable
- Práctica 3: Control de orientación del rotor de un aerogenerador. Determinación del ángulo de guiñada
- Práctica 4: Caracterización del comportamiento de un aerogenerador de eje vertical
- Práctica 5: Evaluación de las fuerzas de sustentación en perfiles alares
- Práctica 6: Medida de la fuerza de empuje sobre aerogeneradores
- Práctica 7: Determinación del efecto de turbulencias sobre el comportamiento de un aerogenerador: pérdida de energía por obstáculos naturales y artificiales
- Práctica 8: Operación con sistemas de transmisión en aerogeneradores: sistema de control de acoplamiento
- Práctica 9: Gestión de bases de datos: optimización de emplazamientos
- Práctica 10: Proyecto de diseño y dimensionado de un parque eólico

**Bibliografía**

- Wind Energy Explained. Theory, Design and Application. **J. F. Manwell, J.G. McGowan y A.L. Rogers**. Ed. John Wiley and Sons
- Wind Energy Handbook. **T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe y E. Bossanyi**. Ed. John Wiley and Sons. 2ª Ed.
- Wind Energy Engineering. **Pramod Jain**. Ed. McGraw-Hill
- Wind Energy Explained. **J.F. Manwell, J.C. McGowan and A.L. Rogers**. John Wiley and Sons
- Energía Eólica. **Miguel Villarrubia**. Ed.CEAC
- Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics. **Mathew Sathyajith** Springer
- Wind and Solar Power Systems. Design, Analysis and Operation. **Mukund R. Patel**. Ed. Taylor and Francis
- Wind Turbines. **T. Al-Shemmeri**. Bookbook.com
- Small Wind Turbines. Analysis, Design and Application. **David Wood**, Springer
- Técnicas numéricas en Ingeniería de Fluidos, **Jesús Manuel Fernández Oro**. Ed. Reverté
- Elements of Computational Fluid Dynamics. **John D. Ramshaw**. Ed. Imperial College Press
- Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. **Yunus A. Çengel y John M. Cimbala** Ed. McGraw Hill

**Recursos en internet**

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

**Metodología**

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el

programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la Eficiencia Energética y su relación con los procesos de conversión. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos

- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso
- Proyectos de asignatura y casos prácticos
  - Son casos prácticos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Los proyectos se ejecutarán en grupos de 3-4 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso
- Evaluación final
  - Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales

**Evaluación**

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
--------------------------------	--------------	-----

Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre

<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
--	--------------	-----

Asimismo, se evaluará

- Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase
- El trabajo realizado por el alumno en casos prácticos
- Las prácticas de laboratorio
- El proyecto de asignatura

La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 7.5%

La calificación media de la resolución de casos prácticos tendrá un peso específico del 7.5%

La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%

El proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%

**Calificación final**

El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:

$$C_f = 0.5Ex + 0.075Pb + 0.075Cp + 0.25Pr + 0.1Py$$

donde  $C_f$  es la calificación final,  $Pb$  la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase,  $Cp$ , la calificación media de la resolución de casos prácticos,  $Pr$ , la calificación media de las prácticas de laboratorio,  $Py$  la calificación del proyecto de asignatura, y  $Ex$  la nota del examen final.

Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 3.5 puntos en el examen final.



2.8. Almacenamiento y Pilas de Combustible



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Almacenamiento y Pilas de Combustible</b>			<b>Código</b>	606768
<b>Materia:</b>	Procesos Energéticos	<b>Módulo:</b>	Básico		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4	1	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	33	10	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	V. María Barragán García			<b>Dpto:</b>	FAI
	<b>Despacho:</b>	113	<b>e-mail</b>	vmabarra@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,M,J	16:00-17:30	Carlos Armenta Déu	25/09/2017-09/10/2017 10,16/10/2017	13.5	FAMN
12	L,M,J	16:00-17:30	V. María Barragán García	17/10/2017-21/11/2017 23-30/11/2017	28.5	FAI
12	L	16:00-17:30	José Fullea (*)	04/12/2017	1.5	Ext.

(\*) Conferencia invitada

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
<b>A1</b>	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur J: 10:00-13:00	<b>8</b> 19,26/10/2017 02/11/2017	Carlos Armenta Déu Luis Dinis Vizcaíno	6 6	FAMN
<b>A2</b>	Laboratorio Física Térmica, 3ª planta, módulo Central Norte L,M: 16:00-19:00; J: 10-13 y 16-19;	<b>16</b> 11,12,18,19/12 /2017 14,21/12/2017	V.M. Barragán García	23	FAI

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
<b>Profesor</b>	<b>horarios</b>	<b>e-mail</b>	<b>Lugar</b>
C. Armenta Déu	M,J:14:30-16:00	cardeu@fis.ucm.es	Sem. Dpto. FAMN
V.M. Barragán García	L: 14:30-15:30 M:13:30-15:30	vmabarra@ucm.es	Despacho 113

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
<p>A la finalización de esta materia el alumno habrá adquirido el conocimiento necesario para comprender los fenómenos físicos relacionados con los procesos energéticos de los distintos tipos de energía. Asimismo, esta materia permitirá al alumno alcanzar el nivel de aprendizaje imprescindible para el conocimiento de la forma en que van a operar los diferentes dispositivos energéticos ligados a las fuentes de energía que se estudian en el Máster.</p> <p>Por último, otro de los resultados fundamentales del aprendizaje de esta materia es la capacitación que el alumno adquiere en aquellos aspectos relativos a la forma de comportamiento de las fuentes de energía y los procesos tecnológicos que los caracterizan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y comprender los mecanismos del almacenamiento de energía eléctrica y su aplicación a los procesos de conversión de energía.</li> <li>• Desarrollar las habilidades prácticas necesarias para aplicar los procesos de almacenamiento de energía en sistemas convencionales y de energías renovables.</li> <li>• Comprender la importancia de los sistemas de almacenamiento en el entorno energético actual y futuro.</li> <li>• Ser capaz de establecer los mecanismos de correspondencia entre generación, almacenamiento y distribución de energía, así como de poder aplicar dichos mecanismos a los sistemas actuales que utilizan fuentes de energía, tanto convencionales como renovables.</li> <li>• Conocer los campos de aplicación de los distintos sistemas de almacenamiento y saber desarrollar protocolos de actuación para una correcta aplicación con vistas a un mayor eficiencia en el uso de estos sistemas.</li> <li>• Identificar los distintos tipos de pilas de combustible, su campo de aplicación y sus características fundamentales.</li> <li>• Conocer la influencia en el entorno energético actual y futuro.</li> <li>• Adquirir un conocimiento completo de los diferentes procesos que tienen lugar en los distintos tipos de pilas de combustible, con objeto de poder mejorar la eficiencia de dichos sistemas.</li> <li>• Conocer las ventajas y limitaciones que imponen los distintos tipos de pilas de combustible.</li> <li>• Comprender los retos científicos y tecnológicos que plantea el desarrollo de nuevos tipos de pilas de combustible y establecer las posibles mejoras en relación con los procesos energéticos e industriales que las utilizan.</li> </ul>

<b>Competencias</b>
CB6 CG01-CG03-CG05-CG06-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG20-CG21 CT3-CT4-CT6 CE8-CE10-CE13-CE16-CE17

**Resumen**

- Conocer y comprender los mecanismos del almacenamiento de energía eléctrica y su aplicación a los procesos de conversión de energía.
- Desarrollar las habilidades prácticas necesarias para aplicar los procesos de almacenamiento de energía en sistemas convencionales y de energías renovables.
- Comprender la importancia de los sistemas de almacenamiento en el entorno energético actual y futuro.
- Ser capaz de establecer los mecanismos de correspondencia entre generación, almacenamiento y distribución de energía, así como de poder aplicar dichos mecanismos a los sistemas actuales que utilizan fuentes de energía, tanto convencionales como renovables.
- Conocer los campos de aplicación de los distintos sistemas de almacenamiento y saber desarrollar protocolos de actuación para una correcta aplicación con vistas a un mayor eficiencia en el uso de estos sistemas.
- Identificar los distintos tipos de pilas de combustible, su campo de aplicación y sus características fundamentales.
- Conocer la influencia en el entorno energético actual y futuro.
- Adquirir un conocimiento completo de los diferentes procesos que tienen lugar en los distintos tipos de pilas de combustible, con objeto de poder mejorar la eficiencia de dichos sistemas.
- Conocer las ventajas y limitaciones que imponen los distintos tipos de pilas de combustible.
- Comprender los retos científicos y tecnológicos que representa el desarrollo de nuevos tipos de pilas de combustible y establecer las posibles mejoras en relación con los procesos energéticos e industriales que las utilizan

**Conocimientos previos necesarios**

Se recomienda tener conocimientos de procesos termodinámicos y transferencia de calor y masa, así como de fundamentos de conversión eléctrica y electroquímica.

**Programa de la asignatura**

**Teoría**

- Tema 1. Fundamentos de la acumulación eléctrica
- Tema 2. Tipos de acumuladores: estructura, componentes y características. Parámetros de operación
- Tema 3. Procesos de carga y descarga. Capacidad. Factor de corrección. Rendimiento
- Tema 4. Aplicaciones de la acumulación eléctrica
- Tema 5. El vehículo eléctrico (Conferencia invitada)
- Tema 6. El hidrógeno y las pilas de combustible
- Tema 7. Almacenamiento, transporte y distribución del hidrógeno
- Tema 8. Termodinámica de las pilas de combustible
- Tema 9. Principios físico-químicos de las pilas de combustible
- Tema 10. Tipos de pilas de combustible: estructura, componentes y caracterización
- Tema 11. Aplicaciones de las pilas de combustible al campo de la energía: transporte y almacenamiento. Pilas de combustible y energías renovables

**Seminarios**

- Seminario 1. Almacenamiento eléctrico
- Seminario 2. Pilas de combustible

**Prácticas**

- Práctica 1. Caracterización de acumuladores: procesos de carga y descarga. Corrección de la capacidad
- Práctica 2. Respuesta operacional de acumuladores eléctricos

Práctica 3. Caracterización de un electrolizador  
 Práctica 4. Almacenamiento de hidrógeno en pilas de combustible  
 Práctica 5. Caracterización de una pila de combustible PEM  
 Práctica 6. Caracterización de una pila de combustible de metanol directo

### Bibliografía

- Handbook of Batteries. *David Linden and Thomas B. Reddy*. Ed. McGraw-Hil, 3ª Ed.
- Fundamentals of Renewable Energy Processes. *Aldo Vieira da Rosa*. Academic Press, 2º Ed.
- Fuel Cells. From Fundamentals to Applications. *S. Srinivasan*. Springer.
- Handbook of Hydrogen Storage. *Michael Hirscher*. John Wiley and Sons VCH
- Fundamentos de Electrónica. Cinética electroquímica y sus aplicaciones. *José M. Costa*. Alhambra Universidad
- Advanced Batteries. *Robert A. Huggins*. Springer
- Storage Batteries. *George W. Vinal*. John Wiley and Sons, 4ª Ed.
- Modern Batteries. *Colin A. Vincent*. Ed. Arnold
- Acumuladores electroquímicos. Fundamentos, Nuevos Desarrollos y Aplicaciones. *José Fullea García*. Ed. McGraw-Hill.
- Fuel Cell Handbook. *EG&G Technical Services, Inc.*. DOE.
- Fuel Cell Technology Handbook. *Gregor Hoogers*. CRC Press
- Celdas de Combustible. *F.J. Rodríguez Varela, O. Solorza Feria y E. Hernández Pacheco*. Ed. Sociedad Mexicana del Hidrógeno
- Énergie Solaire et Stockage d'Énergie. *R. Dumon*. Ed. Masson
- Sustainable Thermal Storage Systems Planning Design and Operations. *Lucas Hyman*. Ed. McGraw-Hill
- Thermal Energy Storage: Systems and Applications. *I. Dincer and Marc A. Rosen*. Ed. John Wiley and Sons, 2ª Ed.

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura: temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos en el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo del almacenamiento eléctrico y de las pilas de combustible, así como de su relación con la generación de energía. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos.
- Ejercicios
  - Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado.
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso.
- Proyectos de asignatura y casos prácticos
  - Son casos prácticos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Los proyectos se ejecutarán en grupos de 3-4 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso.
- Evaluación final
  - Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales.

### Evaluación

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%

Asimismo, se evaluará

- Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase
- Las prácticas de laboratorio
- La resolución de casos prácticos

- La realización de proyectos de asignatura

La calificación media de los ejercicios resueltos en clase tendrá un peso específico del 10%

La calificación media de los casos prácticos tendrá un peso específico del 5%

La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%

La calificación del proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%

### Calificación final

El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:

$$C_f = 0.5E_x + 0.1P_b + 0.05C_p + 0.25P_r + 0.1P_y$$

donde  $C_f$  es la calificación final,  $P_b$  la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase,  $C_p$  la calificación media de los casos prácticos resueltos,  $P_r$ , la calificación media de las prácticas de laboratorio,  $P_y$  la calificación del proyecto de asignatura, y  $E_x$  la nota del examen final.

Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 3.5 puntos en el examen final.

2.9. Evaluación del Recurso Eolo-Solar



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Evaluación del Recurso Eolo-Solar</b>			<b>Código</b>	606770
<b>Materia:</b>	Simulación y Predicción	<b>Módulo:</b>	Avanzado		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	4.3	0.75	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	37.5	6	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fidel González Rouco			<b>Dpto:</b>	FTAA-II
	<b>Despacho:</b>	6 (Bª Oeste)	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:fidelgr@ucm.es">fidelgr@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,M X	14:30-16:00 16:00-17:30	Fidel González	02/10/2017-29-11/2017 Excepto (*) (*) 25-27/09/2017 (*) 30/10/2017	33	FTAA-II
			Carlos Armenta Déu (*)	(*) 20-22/11/2017 (*) 4-5/12/2017	10.5	FAMN

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur Aula Informática 1 L,M:14:30-16:00 L.19:00-20:30; X.16:00-17:30	12 11-20/12/2017 8-17/01/2018	Luis Dinis Vizcaíno	6	FAMN
			Francisco J. Cao	5.5	
			Carlos Armenta Déu	6	
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur Aula Informática 1 L,M:14:30-16:00 L.19:00-20:30; X.16:00-17:30	12 11-20/12/2017 8-17/01/2018	Luis Dinis Vizcaíno	5.5	FAMN
			Francisco J. Cao	6	
			Carlos Armenta Déu	6	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Fidel González Jorge Contreras Carlos Armenta Déu	J:11-13 y 14-16 Pte. L,M,X: 13-14	<a href="mailto:fidelgr@ucm.es">fidelgr@ucm.es</a> <a href="mailto:jorge.contreras@jcmbluenergy.com">jorge.contreras@jcmbluenergy.com</a> <a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	Ala Oeste, Plta. Baja Seminario Dpto. FA-I Seminario Dpto. FAMN

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<p>Los principales resultados que se obtienen con el desarrollo de esta materia incluyen la capacidad del alumno de poder establecer las hipótesis de partida sobre las que se basan los procesos bajo los que fundamentalmente operan los diferentes sistemas de conversión energética. Asimismo, con el curso de esta materia se alcanza una capacidad de análisis y evaluación de los principios básicos sobre los que se asienta el diseño y dimensionado de sistemas energéticos, sean de carácter nuclear, solar o eólico. Por otra parte, entre los resultados del aprendizaje se incluye la capacidad del alumno de poder evaluar los recursos energéticos en el campo Eolo-solar, una de las herramientas fundamentales en las que se basa la predicción del recurso energético renovable en estos campos, y que representa un elemento imprescindible en el planteamiento del diseño, concepción, desarrollo y ejecución de nuevas plantas energéticas. Igualmente, durante el desarrollo de esta parte de la materia, el alumno adquirirá una elevada capacidad para modelizar procesos energéticos en cualquiera de sus vertientes y modalidades, lo que constituye un elemento fundamental en el mundo actual, ya que debido al elevado coste de los sistemas energéticos, especialmente los de gran potencia, se hace imprescindible una fase previa de modelado para evaluar el diseño y dimensionado de dichos sistemas, para lo cual el conocimiento de los procesos de simulación es fundamental. A la finalización de esta materia el alumno se encontrará, pues, en condiciones de poder plantear las bases para una evaluación, con un elevado grado de precisión, del recurso energético; al mismo tiempo, el alumno habrá adquirido la capacitación necesaria para poder establecer una metodología adecuada para poder predecir el comportamiento de distintos sistemas energéticos, estén éstos asociados a una única fuente de energía o sean de carácter híbrido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y comprender los fundamentos en los que se basa la evaluación del recurso Eolo-solar</li> <li>• Establecer la relación del recurso energético eólico y solar con la Física</li> <li>• Aprender a evaluar el recurso eólico y solar para su empleo en las diversas aplicaciones que utilizan estos tipos de fuente de energía renovable</li> <li>• Familiarizar al alumno con las modernas metodologías de predicción y estimación del recurso Eolo-solar, así como con los modernos métodos numéricos de evaluación de este tipo de recursos</li> <li>• Dar a conocer al alumno las herramientas necesarias para determinar la forma de aplicar el valor del recurso Eolo-solar en aplicaciones energéticas</li> <li>• Desarrollar las habilidades necesarias para poder establecer de forma práctica el valor del recurso energético eólico y solar con la mayor precisión posible para cualquier ubicación y período de tiempo</li> <li>• Conocer los sistemas, elementos y dispositivos para la medida y determinación del recurso eólico y solar</li> <li>• Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía eólica y solar dentro del ámbito de las empresas del sector dedicadas a la evaluación y prospección del recurso Eolo-solar</li> </ul>



Competencias
CB8-CB10 CG01-CG11-CG12-CG14-CG15-CG19-CG22 CT3-CT4-CT6 CE10-CE18

Resumen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y comprender los fundamentos en los que se basa la evaluación del recurso Eolo-solar</li> <li>• Establecer la relación del recurso energético eólico y solar con la Física</li> <li>• Aprender a evaluar el recurso eólico y solar para su empleo en las diversas aplicaciones que utilizan estos tipos de fuente de energía renovable</li> <li>• Familiarizar al alumno con las modernas metodologías de predicción y estimación del recurso Eolo-solar, así como con los modernos métodos numéricos de evaluación de este tipo de recursos</li> <li>• Dar a conocer al alumno las herramientas necesarias para determinar la forma de aplicar el valor del recurso Eolo-solar en aplicaciones energéticas</li> <li>• Desarrollar las habilidades necesarias para poder establecer de forma práctica el valor del recurso energético eólico y solar con la mayor precisión posible para cualquier ubicación y período de tiempo</li> <li>• Conocer los sistemas, elementos y dispositivos para la medida y determinación del recurso eólico y solar</li> <li>• Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía eólica y solar dentro del ámbito de las empresas del sector dedicadas a la evaluación y prospección del recurso Eolo-solar</li> </ul>

Conocimientos previos necesarios
Ninguno

Programa de la asignatura
<p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tema 1: Fundamentos físicos del recurso solar. Relaciones astronómicas. Magnitudes</li> <li>• Tema 2: Ecuación del tiempo: evaluación de la irradiancia solar</li> <li>• Tema 3: Distribución espectral. Constante solar</li> <li>• Tema 4: Tipos de irradiancia solar. Absorción atmosférica. Albedo</li> <li>• Tema 5: Irradiancia solar sobre plano horizontal e inclinado. Coeficientes de radiación</li> <li>• Tema 6: Fundamentos físicos del recurso eólico. Circulación global. Parámetros característicos</li> <li>• Tema 7: <i>Dinámica atmosférica: capa límite</i></li> </ul>

- Tema 8: *Efectos de la capa límite sobre el recurso eólico*
- Tema 9: *Evaluación del recurso eólico. Perfil vertical de viento. Distribución de velocidades*
- Tema 10: *Métodos y procesos estadísticos. Distribución de Weibull y Rayleigh*
- Tema 11: *Dispositivos de medida. Métodos de calibración*
- Tema 12: *Bases de datos y proceso de filtrado*

#### Prácticas

- Práctica 1: Medición de irradiancia solar: global, difusa y directa
- Práctica 2: Caracterización del recurso solar: medición sobre plano horizontal e inclinado
- Práctica 3: Sistema de toma de datos automática: programación y secuencia temporal
- Práctica 4 Manejo y tratamiento de bases de datos en energía solar
- Práctica 5 Medición de velocidad de viento. Calibración de sensores
- Práctica 6 Medición en túnel de viento. Caracterización del recurso eólico

#### Seminario

- *Análisis de datos eólicos: forma de presentación, procesado y conversión*

#### **Bibliografía**

- Solar Radiation. **M. Iqbal**. Academic Press
- Solar Engineering of Thermal Processes. **John A. Duffie y William A. Beckman**. Ed. John Wiley and Sons. 2ª Ed.
- Solar Radiation Data. **B. Bourges**. EU Eufrat Project
- Caracterización de la Radiación Solar como Recurso Energético. Serie Ponencias. Ed. CIEMAT
- Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. **Zekai Sen**. Springer
- Energía Eólica, **Miguel Villarrubia**. Ed. CEAC
- Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos. **J.M. Fernández Oro**. Ed. Reverté
- Mecánica de Fluidos. **Frank M. White** Ed. McGraw Hill

#### **Recursos en internet**

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

<b>Metodología</b>		
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases teóricas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la evaluación y predicción del recurso eólico y solar con vistas a su aplicación en los sistemas de conversión térmica, fotovoltaica y eólica. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos</li> </ul> </li> <li>• Ejercicios                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y simulaciones por medio de métodos numéricos con el objetivo de verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado</li> </ul> </li> <li>• Prácticas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso</li> </ul> </li> <li>• Evaluación final                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase</li> <li>• El trabajo realizado por el alumno en casos prácticos</li> <li>• Las prácticas de laboratorio</li> <li>• El proyecto de asignatura</li> </ul> <p>La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 10%</p> <p>La calificación media de la resolución de casos prácticos tendrá un peso específico del 5%</p> <p>La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%</p> <p>El proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%</p>		

Calificación final
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5Ex + 0.1Pb + 0.05Cp + 0.25Pr + 0.1Py$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, <math>Pb</math> la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, <math>Cp</math>, la calificación media de la resolución de casos prácticos, <math>Pr</math>, la calificación media de las prácticas de laboratorio, <math>Py</math> la calificación del proyecto de asignatura, y <math>Ex</math> la nota del examen final</p>
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase</li> <li>• El trabajo realizado por el alumno en casos prácticos</li> <li>• Las prácticas de laboratorio</li> <li>• El proyecto de asignatura</li> </ul> <p>La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 10%</p> <p>La calificación media de la resolución de casos prácticos tendrá un peso específico del 5%</p> <p>La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 25%</p> <p>El proyecto de asignatura tendrá un peso específico del 10%</p>
Calificación final
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5Ex + 0.1Pb + 0.05Cp + 0.25Pr + 0.1Py$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, <math>Pb</math> la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, <math>Cp</math>, la calificación media de la resolución de casos prácticos, <math>Pr</math>, la calificación media de las prácticas de laboratorio, <math>Py</math> la calificación del proyecto de asignatura, y <math>Ex</math> la nota del examen final</p> <p>Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 3.5 puntos en el examen final.</p>

2.10. Modelización y Simulación de Procesos Energéticos



**MASTER EN ENERGÍA (curso 2017-18)**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Modelización y Simulación de Procesos Energéticos</b>			<b>Código</b>	606769
<b>Materia:</b>	Simulación y Predicción	<b>Módulo:</b>	Avanzado		
<b>Carácter:</b>	Optativa	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	2	3	1
<b>Horas presenciales</b>	60.5	20	23	17.5

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Matilde Santos Peñas			<b>Dpto:</b>	ACYA
	<b>Despacho:</b>	Informática, nº 338	<b>e-mail</b>	msantos@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
4B	L,M	14:30-16:00	Matilde Santos Peñas	25/09/-24/10/2017	21	ACYA
S 3.1	X	16:00-17:30		25/10-29/11/2017	22	

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar		Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula Informática 1 L,M:14:30-16:00 X.16:00-17:30		12 11-20/12/2017 8-17/01/2018	Matilde Santos Peñas	17.5	ACYA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Matilde Santos Peñas	L, M: 10.00-12.00	msantos@ucm.es	Informática, nº 338

**Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

- El objetivo es aprender a realizar modelos que permitan la simulación, el análisis y si es necesario el control de sistemas complejos, focalizados en el ámbito energético.
- Se obtienen y estudian modelos continuos y discretos de fuentes y sistemas de energía, tanto tradicionales como renovables. Se realizan simulaciones sobre los modelos propuestos, analizando los resultados y estudiando las distintas aplicaciones.
- Conseguir que el alumno alcance un nivel de conocimientos teórico-prácticos en el campo de la simulación de procesos energéticos que le habilite para el desarrollo de la profesión tanto en el ámbito científico como en el profesional.
- Establecer una sinergia entre el mundo académico y el profesional que permita al alumno mejorar su formación y conocer directamente los desarrollos tecnológicos y sistemas que operan en la sociedad en relación a la simulación de procesos.

**Competencias**

CB8-CB10  
 CG01-CG11-CG12-CG14-CG15-CG19-CG22  
 CT3-CT4  
 CE1-CE6-CE8-CE15-CE16

**Resumen**

La asignatura Modelización y Simulación de Procesos Energéticos se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Sistemas y modelos: Tipos de modelos, ejemplos. Aplicaciones.
- Obtención de modelos: modelado e identificación. Bond graphs
- Construcción de modelos: representación, linearización, verificación y validación.
- Simulación. Introducción. Simulación continua y discreta. Fases de la simulación
- Análisis de resultados y documentación de la simulación
- Herramientas de simulación. Distribuciones
- Áreas de aplicación.
- Ejemplos en el ámbito de los sistemas energéticos.

**Conocimientos previos necesarios**

No se requieren conocimiento previos específicos sobre simulación, aunque facilitará mucho el aprovechamiento de la asignatura el saber trabajar con alguna herramienta computacional de simulación como el programa Matlab/Simulink u otro similar, así como ser capaz de trabajar con ecuaciones diferenciales para definir los modelos.

### Programa de la asignatura

#### Teoría

- Tema 1: Sistemas y modelos: Tipos de modelos, ejemplos. Aplicaciones.
- Tema 2: Obtención de modelos: modelado e identificación. Bond graphs
- Tema 3: Construcción de modelos: representación, linearización, verificación y validación.
- Tema 4: Simulación. Introducción. Simulación continua y discreta. Fases de la simulación
- Tema 5: Análisis de resultados y documentación de la simulación
- Tema 6: Herramientas de simulación. Distribuciones.
- Tema 7: Áreas de aplicación y ejemplos en el ámbito de los sistemas energéticos.

#### Prácticas:

Se propondrán una serie de prácticas para que el alumno se familiarice con las herramientas de simulación

- Práctica 1: Obtención de modelos de sistemas continuos
- Práctica 2: Simulación de sistemas continuos
- Práctica 3: Obtención de modelos de sistemas discretos
- Práctica 4: Simulación de sistemas discretos
- Práctica 5: Simulación de elementos y recursos de energía
- Práctica 6: Simulación de un sistema complejo híbrido con distintas fuentes de energía

Las prácticas se realizarán con el programa Matlab/Simulink, disponible en la UCM para su uso académico.

### Bibliografía

#### Básica

- Apuntes de la asignatura elaborados por la profesora (disponibles en el campus virtual).
- Atherton, Derek P., Borne, P., Concise encyclopedia of modelling and simulation, 1992, Pergamon Press.
- Kheir, Naim A., Systems modelling and computer simulation, 1996, Marcel Dekker.
- Mikati, M., M. Santos, and C. Armenta. Electric grid dependence on the configuration of a small-scale wind and solar power hybrid system. *Renewable energy* 57 (2013): 587-593.
- Mikati, M., M. Santos, and C. Armenta. Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI* 9.3 (2012): 267-281.

#### Complementaria

- Cellier, François E., Continuous system modelling, 1991, Springer Verlag
- Monsef, Y., Modelling and simulation of complex systems: concepts, methods and tools,

- 1997, Society for Computer Simulation.
- Murray, J. D.: Mathematical Biology. I: An Introduction. Third Edition. Springer-Verlag. New York, 2002.

### Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, transparencias, artículos científicos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

### Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas
  - Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo del modelado y la simulación. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos. También se usará la pizarra y algunas demostraciones que se mostrarán a través del computador.
- Casos prácticos
  - Consisten en el análisis de casos que reflejan hasta cierto punto la realidad, y que el alumno deberá abordar con iniciativa, donde se plantearán resoluciones de situaciones de índole práctica basadas en los contenidos teóricos.
- Prácticas
  - Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con herramientas computacionales. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos teóricos de la misma. Las prácticas podrán realizarse de forma individual (preferentemente) o en grupos de 2 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso. El objetivo es que permitan adquirir habilidades con las herramientas de simulación para realizar el proyecto final de la asignatura.
- Proyectos de asignatura
  - Son casos prácticos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente donde el profesor planteará situaciones concretas que el alumno deberá resolver aplicando los conocimientos adquiridos. Se realizará un proyecto final de forma individual.
- Evaluaciones parciales de control
  - Se evaluará la posible presentación y discusión de artículos científicos y casos prácticos relacionados con la asignatura. También se tendrá en cuenta la asistencia a las clases y la realización de las prácticas.



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación final                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se evaluará de forma individual el desarrollo y la presentación de un proyecto de simulación en el ámbito de los sistemas de energía.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	70%
Evaluación final: se llevará a cabo al final del cuatrimestre y consistirá en la presentación oral de un pequeño proyecto de simulación original realizado por el alumno, del cual se debe entregar una breve memoria en formato artículo científico y el código desarrollado.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	30%
Asimismo, se evaluará <ul style="list-style-type: none"> <li>• La asistencia y participación en las clases, fundamentalmente la discusión de artículos científicos sobre aplicaciones en el ámbito energético de modelos y simulación (20%)</li> <li>• La realización de las prácticas (10%)</li> </ul>		
<b>Calificación final</b>		
El resultado final de la evaluación global de la asignatura es la suma ponderada de los criterios de evaluación, es decir, la nota del proyecto final, que incluye cómo ha sido la presentación oral del mismo, su originalidad, y la memoria realizada; la participación en la discusión de artículos en clase, y la asistencia y realización de las prácticas.		

2.11. Prácticas en Empresa



# Master en Energía (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Prácticas en Empresas</b>	<b>Código</b>	606776	
<b>Materia:</b>	Prácticas en Empresas	<b>Módulo:</b>	Avanzado	
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	0	6	
<b>Horas presenciales</b>	150	0	150	

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Armenta Déu	<b>Dpto:</b>	FAMN	
	<b>Despacho:</b> 211	<b>e-mail</b>	cardeu@fis.ucm.es	

Grupo	Profesor/Tutor	T/P*	Dpto.	e-mail
A	Profesorado del Master Personal externo de empresas colaboradoras	Pr	Todos	

\*: Pr: Prácticas

Grupo	Horarios de clases			Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Aula	
A (T)	n.p.	n.p.		n.p.

Grupo	Horarios de laboratorio		Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Lugar
A (P)	n.p.	n.p.	n.p.

**LAS PRÁCTICAS EN EMPRESA SE PODRÁN REALIZAR EN EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE EL COMIENZO DEL SEGUNDO CUATRIMESTRE Y LA FINALIZACIÓN DEL CURSO ACADÉMICO, PUDIENDO LLEVARSE A CABO EN EL PERÍODO DE VERANO, MESES DE JULIO Y AGOSTO, EN FUNCIÓN DE LA OFERTA DE PLAZAS Y LA DISPONIBILIDAD DE PUESTOS POR PARTE DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL MASTER. ASIMISMO, SI LAS CONDICIONES IMPUESTAS POR LA EMPRESA LO REQUIRIERAN, LAS PRÁCTICAS SE PODRÁN LLEVAR A CABO DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE**

### Objetivos de la asignatura

- Poner al alumno en contacto con empresas del sector de la energía para su formación con carácter profesional
- Familiarizar al alumno con la metodología de trabajo de las empresas
- Dar a conocer a los estudiantes la forma particular de abordar la resolución de problemas dentro de la empresa
- Introducir al alumno en las modernas técnicas de trabajo en el campo de la energía en estrecha colaboración con el personal de la empresa
- Dar la oportunidad al maestrante adquirir una formación complementaria dentro del campo profesional
- Permitir al alumno interactuar con la empresa de acogida y poder aportar sus ideas para la resolución de problemas concretos, si fuera el caso

### Breve descripción de contenidos

La estructura de la asignatura de Prácticas en Empresas se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Conocimiento y comprensión de la forma de trabajo de las empresas, así como su manera de enfrentar la resolución de los problemas y casos prácticos
- Interacción entre el alumno y la empresa para una adecuada aplicación de los conocimientos adquiridos y un correcto aprendizaje de los problemas cotidianos con los que las empresas abordan el desarrollo de actividades en el campo de la energía

### Competencias

CB5-CB7-CB8-CB10  
 CG04-CG06-CG07-CG08-CG14-CG16-CG17  
 CT1-CT2-CT3-CT4-CT5-CT7-CT8  
 CE14

### Conocimientos previos necesarios

*Ninguno*

<b>Programa de la asignatura</b>	
<u>Prácticas</u>	
Aquellas que se derivan del plan de trabajo establecido por la empresa, de acuerdo a las directrices generales del master y con la aprobación del tutor del alumno y/o de la Dirección del Master	

<b>Programa de la asignatura: distribución horaria</b>	
<u>Prácticas:</u> (150 horas).	
El total de 150 horas se computará entre la suma de las clases y las horas de prácticas externas. Las horas de clase deberán estar certificadas por el profesor de la asignatura mediante comprobante de asistencia para descontarse del total de horas de prácticas externas	
<b>Bibliografía</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La que fuere necesario</li> </ul>	
<b>Recursos en internet</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los que fueran necesarios</li> </ul>	

<b>Metodología</b>	
El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La coordinación del Master establecerá contacto con las empresas y centros colaboradores para evaluar la disponibilidad de acogida en cuanto a número de alumnos que podrían ser acogidos por cada una de las empresas o centros para la realización de las prácticas</li> <li>• La coordinación del Master elaborará, en estrecho contacto con las empresas y centros, un catálogo de prácticas que los alumnos podrán llevar a cabo; dicho catálogo estará clasificado por empresa y sector energético</li> <li>• La coordinación del Master realizará la asignación de prácticas a los alumnos en función de la oferta existente y las preferencias de los propios alumnos, dirimiendo los posibles conflictos en cuanto a la selección de las prácticas ofertadas</li> <li>• La coordinación del Master facilitará el contacto del alumno con la empresa o centro, en función de la práctica seleccionada por el mismo, y proporcionará a éste las directrices para el desarrollo de su actividad</li> </ul>	

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso</b>	10%
Se realizará un test de evaluación al finalizar el curso		

Otras actividades de evaluación	Peso	90%
<p>La evaluación de la materia se realizará en función de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la memoria. Se valorará tanto la calidad del trabajo desarrollado por el alumno como la defensa de dicho trabajo frente al tribunal evaluador</li> <li>• Informe del tutor o responsable de la empresa o centro</li> </ul> <p>La evaluación de la memoria tendrá un peso específico del 70%, dividido en dos partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria del trabajo ejecutado: 40%</li> <li>• Defensa del trabajo realizado: 30%</li> </ul> <p>El informe del tutor o responsable se evaluará con un 20%</p>		
Calificación final		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.1T + 0.4M + 0.3D + 0.2Inf$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, T es la nota del test de evaluación al final del curso, M es la calificación de la memoria de actividades, D es la calificación media de la defensa del trabajo realizado, e Inf, la calificación del informe del tutor o responsable</p>		

2.12. Trabajo Fin de Master



# Master en Energía (curso 2017-18)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Trabajo Fin de Master</b>	<b>Código</b>	606777	
<b>Materia:</b>	Trabajo Fin de Master	<b>Módulo:</b>	Avanzado	
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b> 2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	0	6	
<b>Horas presenciales</b>	150	0	150	

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos Armenta Déu	<b>Dpto:</b>	FAMN	
	<b>Despacho:</b> 211	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:cardeu@fis.ucm.es">cardeu@fis.ucm.es</a>	

Grupo	Profesor	T/P*	Dpto.	e-mail
A	Profesores del Master IP de proyectos Personal externo de empresas colaboradoras	Pr	Todos	

\*: Pr: Prácticas

Grupo	Horarios de clases			Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Aula	
A (T)	n.p.	n.p.		n.p.

Grupo	Horarios de laboratorio		Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Lugar
A (P)	n.p.	n.p.	n.p.

Objetivos de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Familiarizar al alumno con la metodología de trabajo en temas de I+D+i relativos al campo de la energía</li> </ul>

- Dar a conocer a los estudiantes la forma particular de abordar la resolución de problemas dentro del campo de acción de un proyecto de I+D+i
- Introducir al alumno en las modernas técnicas de trabajo en el campo de la energía en estrecha colaboración con el personal de la universidad y la empresa
- Dar la oportunidad al maestrante adquirir una formación complementaria a los trabajos y actividades realizados en las Prácticas en Empresas
- Permitir al alumno continuar con su tarea de investigación y desarrollo para alcanzar un conocimiento y capacitación profesional lo más elevado posible que le cualifique debidamente para el ejercicio de su profesión y la ejecución de tareas tanto de carácter profesional como investigador

### Breve descripción de contenidos

La estructura de la asignatura de Trabajo Fin de Master se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Conocimiento y comprensión de los protocolos y procedimientos para realizar un trabajo de I+D+i dentro del campo de la energía
- Planteamiento del problema, análisis de la manera más adecuada de enfrentar su resolución, y desarrollo de las tareas necesarias para la consecución de los objetivos planteados
- Interacción entre el alumno y su Tutor o Director de TFM para una adecuada aplicación de los conocimientos adquiridos y una correcta ejecución de las distintas actividades enfocadas a la obtención de los resultados esperados

### Competencias

CB4-CB5-CB6-CB7-CB8-CB9-CB10

CG02-CG03-CG04-CG05-CG06-CG07-CG08-CG09-CG10-CG11-CG12-CG13-CG14-CG15-CG17-CG18-CG21-CG23

CT2-CT4-CT6

CE1-CE10-CE14-CE15

### Conocimientos previos necesarios

*Se requerirá haber completado los créditos docentes correspondientes a la Especialidad elegida, así como haber llevado a cabo de manera satisfactoria las Prácticas en Empresas, especialmente si el Trabajo Fin de Master se configura como una continuación de dichas prácticas*

### Programa de la asignatura

- Planteamiento del Problema
- Análisis de soluciones
- Documentación y búsqueda bibliográfica
- Protocolo de actuaciones de carácter práctico
- Montaje del sistema experimental, si procede
- Desarrollo de las actividades de I+D+i relativas al tema

- Obtención de resultados
- Análisis de resultados teórico-experimentales
- Conclusiones
- Elaboración de la Memoria
- Elaboración de la presentación para defensa del Trabajo Fin de Master

<b>Programa de la asignatura: distribución horaria</b>
<u>Prácticas:</u> (150 horas).
<b>Bibliografía</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La que fuera necesaria</li> </ul>
<b>Recursos en internet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los que fueran necesarios</li> </ul>

<b>Metodología</b>
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La coordinación del Master establecerá contacto con las empresas y centros colaboradores para conocer si existe, por parte de dichas empresas, oferta de temas que pudieran ser constitutivos de Trabajo Fin de Master, de acuerdo a los requisitos que esta actividad académica impone</li> <li>• La coordinación del Master establecerá contacto con el profesorado y personal universitario e investigador relacionado con el desarrollo del Master, para conocer si existe, por parte de dicho personal, oferta de temas que pudieran ser constitutivos de Trabajo Fin de Master, de acuerdo a los requisitos que esta actividad académica impone</li> <li>• La coordinación del Master elaborará, en estrecho contacto con todos los mencionados anteriormente, personal universitario e investigador, centro y empresas colaboradores, un catálogo de los Trabajos Fin de Master que los alumnos podrán llevar a cabo; dicho catálogo estará clasificado por Especialidad y sector energético</li> <li>• La coordinación del Master realizará la asignación de trabajos a los alumnos en función de la oferta existente y las preferencias de los propios alumnos, dirimiendo los posibles conflictos en cuanto a la selección de los trabajos ofertados</li> <li>• La coordinación del Master facilitará el contacto del alumno con la empresa o centro, cuando sea necesario, en función del trabajo seleccionado por el mismo, y proporcionará a éste las directrices para el desarrollo de su actividad</li> </ul>

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso</b>	<b>0%</b>
No procede		



Otras actividades de evaluación	Peso	100%
<p>La evaluación de la materia se realizará en función de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de innovación del trabajo realizado</li> <li>• Calidad de la Memoria presentada, atendiendo a los objetivos planteados, resultados obtenidos, adecuación del trabajo a la temática del Master y conclusiones personales incluidas en la Memoria</li> <li>• Informe del Tutor o Director del trabajo</li> <li>• Defensa del trabajo, atendiendo a la exposición y respuestas a las preguntas de los miembros del Tribunal</li> </ul> <p>La valoración de cada uno de los apartados será como sigue:</p> <p>Innovación: 5%</p> <p>Memoria: 55%</p> <p>Informe: 10%</p> <p>Defensa: 30%</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.05I + 0.55M + 0.1Inf + 0.3D$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, I la valoración del grado de innovación, M la puntuación de la Memoria, Inf, la valoración del Informe del Tutor o Director y D la calificación de la defensa del trabajo</p>		

### 3. Competencias

APC	Almacenamiento y Pilas de Combustible
CEE	Conversión y Eficiencia Energética
EN	Energía Nuclear
ERES	Evaluación del Recurso Eolo-solar
ESF	Energía Solar Fotovoltaica
TPE	Termodinámica de Procesos Energéticos
EOL	Energía Eólica
SST	Sistemas Solares Térmicos
SFV	Sistemas Solares Fotovoltaicos
TDOE	Tecnología y Dispositivos Ópticos para la Energía
MSPE	Modelización y Simulación de Procesos Energéticos
SRF	Sistemas y Reactores de Fisión
PE	Prácticas en Empresa
TFM	Trabajo Fin de Master

	CB4	CB5	CB6	CB7	CB8	CB9	CB10
APC							
CEE							
EN							
ERES							
ESF							
TPE							
EOL							
SST							
SFV							
TDOE							
MSPE							
SRF							
PE							
TFM							

	CG01	CG02	CG03	CG04	CG05	CG06	CG07	CG08	CG09	CG10	CG11
APC											
CEE											
EN											
ERES											
ESF											
TPE											
EOL											
SST											
SFV											
TDOE											
MSPE											
SRF											
PE											
TFM											

	CG12	CG13	CG14	CG15	CG16	CG17	CG18	CG19	CG20	CG21	CG22	CG23
APC												
CEE												
EN												
ERES												
ESF												
TPE												
EOL												
SST												
SFV												
TDOE												
MSPE												
SRF												
PE												
TFM												

	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7	CT8
APC								
CEE								
EN								
ERES								
ESF								
TPE								
EOL								
SST								
SFV								
TDOE								
MSPE								
SRF								
PE								
TFM								

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE8	CE10	CE13	CE14	CE15	CE16	CE17	CE18
APC														
CEE														
EN														
ERES														
ESF														
TPE														
EOL														
SST														
SFV														
TDOE														
MSPE														
SRF														
PE														
TFM														

### Listado de competencias

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 inculcadas 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

CB5 - Valorar la capacitación para el desempeño de la actividad profesional en el campo de trabajo de manera óptima

CB4 - Desarrollar una capacidad de análisis y síntesis adecuada para el planteamiento de situaciones concretas en el campo profesional en el que se va a llevar a cabo su actividad

CG01 - Demostrar una comprensión sistemática de los distintos fenómenos asociados a los procesos energéticos, así como el manejo de las habilidades y métodos básicos de trabajo relacionados con dicho campo

CG02 - Demostrar la capacidad de concebir, diseñar, organizar, planificar y poner en práctica procesos de trabajo o de desarrollo tecnológico

CG03 - Conocer las bases de un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Energía

CG04 - Aplicar las habilidades adquiridas para desempeñar sus funciones en el campo de la Energía dentro de un marco profesional

CG05 - Demostrar la capacidad de comunicarse con sus colegas en el campo profesional de la Energía, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento

CG06 - Identificar la capacidad de incorporarse en contextos profesionales a los avances científicos y tecnológicos dentro de una sociedad basada en el conocimiento

CG07 - Demostrar las habilidades para utilizar las tecnologías de la información y la comunicación en las actividades desarrolladas. Adquirir la capacidad para mantener, utilizar y preservar la integridad de los estudios que, por su naturaleza, estén sujetos a confidencialidad

CG08 - Utilizar los conocimientos adquiridos para realizar tareas de carácter profesionalizante tuteladas, que cumpla con los criterios éticos que requiere la investigación en el campo de la Energía

CG09 - Demostrar el nivel de competencia necesario para poder transferir los conocimientos adquiridos y desarrollos realizados dentro de un proceso de transferencia de tecnología en el marco de las actividades profesionales

CG10 - Demostrar la capacidad de comprender lo que es la ciencia y la investigación científica, su historia y sus métodos, así como los conceptos básicos de lógica de la ciencia (hechos, teorías, hipótesis, verificación, etc.)

CG11 - Analizar y comparar información procedente de revisiones bibliográficas

CG12 - Elaborar hipótesis, recolectar y valorar de forma crítica la información para la resolución de problemas, siguiendo un método establecido de carácter científico-tecnológico

CG13 - Conocer, valorar críticamente y saber utilizar las fuentes de información para obtener, organizar, interpretar y comunicar la información científica y tecnológica en el campo de la energía

CG14 - Conocer las distintas metodologías aplicables al campo de la energía y sus aplicaciones

- CG15 - Aplicar los diferentes modelos de análisis de datos pertinentes según el diseño de la investigación y desarrollo dentro de los distintos ámbitos del campo de la energía
- CG16 - Conocer los Principios Éticos aplicables al desarrollo de la actividad profesional
- CG17 - Conocer los principales métodos utilizados en el campo específico de la Especialidad correspondiente
- CG18 - Demostrar capacidad de juicio crítico, creativo, orientado a la realización de trabajos científico-tecnológicos en la Especialidad correspondiente
- CG19 - Elaborar una revisión crítica bibliográfica de la Especialidad correspondiente
- CG20 - Conocer, valorar críticamente y saber utilizar las fuentes de información para obtener, organizar, interpretar y comunicar la información en la Especialidad correspondiente
- CG21 - Elaborar hipótesis específicas en el campo de conocimiento especializado
- CG22 - Conocer los principales modelos aplicables a la investigación en la Especialidad correspondiente
- CG23 - Demostrar la capacidad de realizar un trabajo tutelado, que suponga la puesta en práctica de todas las Competencias Generales y las Específicas de los Módulos 1 y 2
- CT1 - Demostrar habilidades para la elaboración de informes básicos de carácter técnico
- CT2 - Elaborar y defender informes científicos y técnicos
- CT3 - Demostrar capacidad de trabajo en equipo
- CT4 - Demostrar capacidad de autoaprendizaje
- CT5 - Demostrar compromiso ético con las funciones de carácter profesional que se lleven a cabo
- CT6 - Demostrar capacidad para comunicar resultados de forma oral y escrita
- CT7 - Demostrar adecuación suficiente para el desarrollo profesional de la actividad
- CT8 - Demostrar motivación por las actividades científicas y tecnológicas de carácter profesionalizante
- CE1 - Demostrar capacidad de explicar el problema energético a la sociedad valorando las diferentes alternativas dependiendo del contexto rural, urbano o residencial
- CE2 - Identificar las propiedades estáticas y dinámicas de los Núcleos, de su composición y de sus interacciones (fuerte, débil y electromagnéticas)
- CE3 - Describir los procesos nucleares más relevantes para la producción de energía: desintegraciones Alfa, Beta y Gamma; reacciones, fusión y fisión
- CE4 - Definir las técnicas experimentales relevantes en producción de energía nuclear, así como de dosimetría y radioprotección
- CE5 - Describir los principios básicos de la tecnología de centrales nucleares, ciclo de combustible, gestión de residuos, y análisis de seguridad de reactores nucleares
- CE6 - Discutir las distintas alternativas de la conversión fotovoltaica, específicamente la elección de la tecnología de células solares más adecuada como por ejemplo silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales en lámina delgada
- CE8 - Comprender, analizar, diseñar y dimensionar los sistemas de consumo que requieran sistemas complementarios de acumulación de energía en cualquiera de sus formas. Valorar el sistema solar hidrógeno como método de almacenamiento de energía solar
- CE10 - Resolver problemas y aplicaciones en el ámbito de la energía con diversas técnicas. Análisis comparativo y discusión de resultados
- CE13: - Controlar la formulación matemática y las herramientas actuales de resolución de fenómenos de transferencia de calor y masa
- CE14 - Demostrar la capacidad de trabajar en el mundo empresarial del sector energético o en el mundo de la investigación
- CE15 - Valorar y contrastar aspectos novedosos en el campo de la investigación en energía.
- CE16 - Analizar las transformaciones energéticas implicadas en procesos para hacerlos más sostenibles energéticamente, bien mejorando la eficiencia o utilizando recursos energéticamente alternativos
- CE17 - Desarrollar capacidad de análisis y diseño básico de pilas de combustible
- CE18 - Valorar el panorama actual de la energía eólica y de los principios básicos de un sistema eólico

## 4. Cuadros Horarios

### 4.1. Curso Único

#### 1º SEMESTRE – GRUPO ÚNICO Aula 12 [MSPE (4B) L y M, (Sem. 3.1) X]

##### PRIMER CUATRIMESTRE

	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES	JUEVES
14:30-16:00	ERES	MSPE	ERES	MSPE	ESF	ESF
16:00-17:30	APC		APC		ERES	MSPE
17:30-19:00	ESF		EN		PE (*)	EN
19:00-20:30	EN		CEE		CEE	CEE

#### 2º SEMESTRE – GRUPO ÚNICO Aula 12

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
14:30-16:00	SRF	EOL	SRF	
16:00-17:30	SFV	SFV	SFV	
17:30-19:00	EOL	SST	EOL	PE(**)
19:00-20:30	SST	SRF	SST	

##### CLAVES

ERES	Evaluación del Recurso Eolo-Solar
MSPE	Modelización y Simulación de Procesos Energéticos
APC	Almacenamiento y Pilas de Combustible
EN	Energía Nuclear
ESF	Energía Solar Fotovoltaica
CEE	Conversión y Eficiencia Energética
EOL	Energía Eólica
SFV	Sistemas Solares Fotovoltaicos
SST	Sistemas Solares Térmicos
SRF	Sistemas y Reactores de Fisión
PE	Prácticas en Empresa

PE(*)	04-oct	11-oct	18-oct	25-oct
	08-nov	15-nov	22-nov	29-nov
PE(**)	21-feb	28-feb	31-may	

## 5. Calendario Académico

6.

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	del 25* de septiembre al 21 de diciembre de 2017 y del 8 de enero al 19 de enero de 2018
Exámenes Primer Semestre (febrero):	del 22 de enero al 12 de febrero de 2018
Clases Segundo Semestre:	del 13 de febrero al 22 de marzo de 2018 y del 3 de abril al 1 de junio de 2018
Exámenes Segundo Semestre (junio):	del 4 al 26 de junio de 2018
Exámenes Segunda Convocatoria (septiembre)	del 6 al 13 de Julio, y 3 al 11 de septiembre de 2018

\*La apertura del curso académico se celebrará el día 29 de septiembre, siendo día lectivo.

7.

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
10 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Festividad Inmaculada Concepción
26 de enero	Santo Tomás de Aquino
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 22 de diciembre al 5 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 23 de marzo al 2 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 23 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de Verano

Calendario aprobado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno en su sesión de 2 de junio de 2017, sin perjuicio de lo que el calendario laboral establezca en relación con los días inhábiles. Los periodos no lectivos han sido establecidos en el calendario de organización docente oficial del curso académico 2017-2018, aprobado por Acuerdo del Consejo de Gobierno en su sesión de 28 de febrero de 2017.



## UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Calendario Académico del Curso 2017/2018

**2017**

Septiembre-Octubre						
L	M	X	J	V	S	D
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Noviembre						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Diciembre						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

**2018**

Enero						
L	M	X	J	V	S	D
						7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Febrero						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

Marzo						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Abril						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Mayo						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Junio						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Julio						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Agosto						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Septiembre						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

25/9/2017 y 12/9/2018 Inicio clases

26 Sto. Tomás de Aquino 10 S. Alberto Magno

- Periodos de exámenes
- Periodos no lectivos
- Fin plazo entrega actas
- Exámenes parciales de 1º Grado en Física
- Tribunales Trabajos Fin de Grado en Física / Ingenierías

*Dado que el Rectorado ha decidido aplicar el nuevo calendario para 2018-19, este ya incluye los traslados de periodos de examen (septiembre a julio) previstos para tal caso en Junta de Facultad del 14/7/2017.*

*Aprobado en Junta de Facultad del 14-7-2017. Una vez que se publiquen en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el próximo año 2018, tanto de ámbito nacional, autonómico y local, se reflejarán en este calendario*



## ANEXO. Enlaces de interés

A continuación se muestran algunos enlaces que pueden ser de utilidad para los alumnos de la titulación. La mayoría de ellos se pueden consultar en la página web de la secretaría de Físicas <https://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes>.

También puede consultarse la normativa general de la UCM en los enlaces [www.ucm.es/normativa](http://www.ucm.es/normativa), <https://www.ucm.es/estudiar> y <https://www.ucm.es/grado>.

### Normas de matrícula y de permanencia

Normativa general de la UCM:

Instrucciones de gestión de la Matrícula (estudios oficiales de Grado y Máster)

<https://www.ucm.es/matricula-estudios-oficiales>

Anulación de matrícula <https://www.ucm.es/anulacion-de-matricula-1>

Tribunales de Compensación <https://fisicas.ucm.es/estudios-de-grado>

Normas de permanencia <https://www.ucm.es/permanencia-en-la-universidad->

Normativa específica de la Facultad de CC Físicas:

Alumnos de nuevo acceso <https://fisicas.ucm.es/matriculanuevoingreso>

Resto de alumnos <https://fisicas.ucm.es/matricula-resto-de-alumnos>

### Reconocimiento de créditos <http://fisicas.ucm.es/reconocimiento-creditos-grado>

Dicho reconocimiento puede obtenerse por:

Realización de actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación de la UCM (BOUC no.18 del 8/9/2016)

<http://pendientedemigracion.ucm.es/bouc/pdf/2470.pdf>

Asignaturas superadas en otros estudios

<https://www.ucm.es/continuar-estudios-iniciados-en-el-extranjero>

### Adaptación de los estudios de Licenciatura, a los de Grado en Física

Los procedimientos, normativa y tablas de equivalencia para alumnos que iniciaron sus estudios en la Licenciatura y desean continuarlos en el grado pueden consultarse en <https://fisicas.ucm.es/adaptaciones>

# Calendario de Exámenes

## 7.1. Calendario de Exámenes

Consultar la web de la Facultad de Ciencias Físicas

## 7.2. Calendario de Presentaciones

Consultar la web del Master en Energía

## 8. Comisión de Coordinación del Master

<b><i>Departamento, Centro o Empresa</i></b>	<b><i>Nombre del miembro de la Comisión</i></b>
Coordinación	Carlos Armenta Déu
Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	Mohamed Khayet Souhaimi
	Ignacio Martil de la Plaza
	Luis Mario Fraile Prieto
Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica II	Fidel González Rouco
Óptica	Daniel Vázquez Moliní
Arquitectura de Computadores y Automática	Matilde Santos Peñas
JCM Bluenergy	Jorge Contreras Martínez