

Curso

2018-2019

Guía Docente del Master en Energía

Fecha de actualización: 16 de enero de 2019



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.....	16
2.4. Sistemas Solares Térmicos	27
2.5. Energía Solar Fotovoltaica.....	33
2.6. Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	38
2.7. Energía Eólica	44
2.8. Almacenamiento y Pilas de Combustible.....	50
2.9. Evaluación de Recursos Renovables	56
2.10. Modelización y Simulación de Procesos Energéticos	62
2.11. Prácticas en Empresa.....	66
2.12. Trabajo Fin de Master.....	71
3. Competencias.....	75
4. Calendario Académico y Fechas de Exámenes.....	78
4.1. Calendario de Exámenes	83
4.2. Calendario de Presentaciones	83
5. Comisión de Coordinación del Master	84

1. Estructura del Plan de Estudios

2.2. 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 cuatro 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 de Recursos Renovables
- 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 la siguiente en el Primer Semestre:

- Evaluación de Recursos Renovables

Y dos de las siguientes en el Segundo Semestre:

- Sistemas Solares Térmicos
- Sistemas Solares Fotovoltaicos
- Sistemas y Reactores de Fisión
- Modelización y Simulación de Procesos Energéticos

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
TOTAL : 30		

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 de Recursos Renovables	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
TOTAL : 24			

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

- Evaluación de Recursos Renovables (optativa, 6 ECTS). Se considera esencial para un buen aprovechamiento de las asignaturas optativas “Sistemas Solares Térmicos” y “Sistemas Solares Fotovoltaicos”, así como de las aplicaciones de la energía hidroeléctrica
- 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

Especialidad de Energías Renovables o Energía General					
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 de Recursos Renovables		6	1º
		Modelización y Simulación de Procesos Energéticos		6	2º
Prácticas en Empresas		Prácticas en Empresas	OBLIGATORIO	6	2º
Trabajo Fin de Master		Trabajo Fin de Master	OBLIGATORIO	6	2º
TOTAL: 60 ECTS					

Especialidad de Energía Nuclear					
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	2º
		Modelización y Simulación de Procesos Energéticos		6	2º
Prácticas en Empresas		Prácticas en Empresas	OBLIGATORIO	6	2º
Trabajo Fin de Master		Trabajo Fin de Master	OBLIGATORIO	6	2º
TOTAL: 60 ECTS					

2.3. 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 DE RECURSOS RENOVABLES	AVANZADO	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
606769	MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE PROCESOS ENERGÉTICOS	AVANZADO	OPT	6
606776	PRÁCTICAS EN EMPRESAS		OB	6
606777	TRABAJO FIN DE MASTER		OB	6

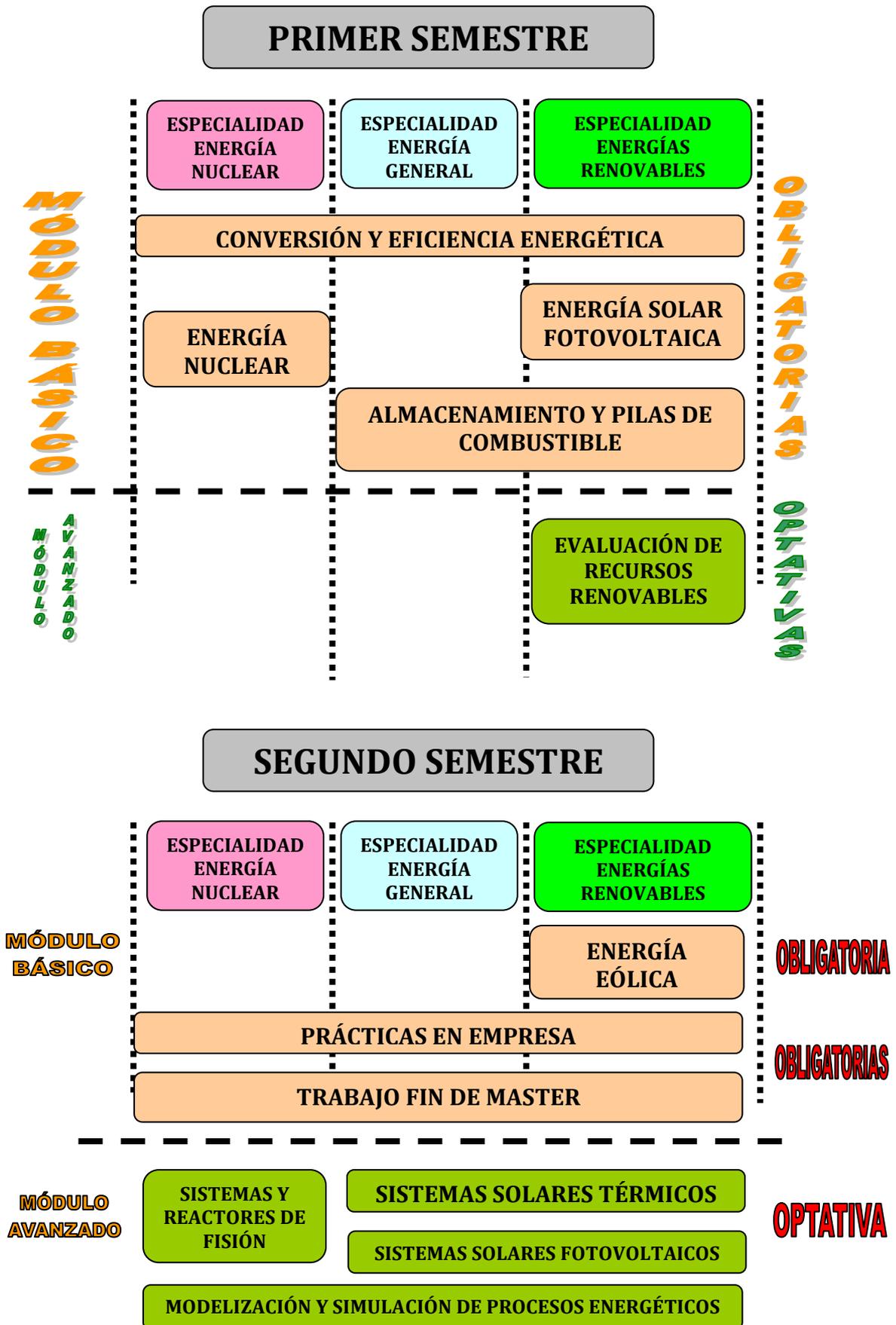
OB = Asignatura obligatoria

OI = Asignatura obligatoria de itinerario

OP = Asignatura optativa

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

2.4. Distribución esquemática por semestres



2. Fichas de las Asignaturas de Primer Curso

2.1. Conversión y Eficiencia Energética



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.5	0.45	1.05
Horas presenciales	60.5	38	5	17.5

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

Teoría / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B		L:19:00-20:30 X:16:00-17:30 L:19:00-20:30, M:17:30-19:00	Luis Dinis Vizcaíno	2/09/2018-03/10/2018	12	EMFTEL
			<i>Carlos Armenta Déu</i>	08/10/2018-28/11/2018	25	EMFTEL
			<u>Ana Lepe (ext)</u>	03-17/12/2018	6	Externo

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 20/09/2018-20/12/2018	6 sesiones de 3 h J:17:30-20:30	Carlos Armenta Déu	7.25	EMFTEL
			Luis Dinis Vizcaíno	7.25	EMFTEL
			Fco. J. Cao	3	EMFTEL
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 20/09/2018-20/12/2018	6 sesiones de 3 h J:17:30-20:30	Carlos Armenta Déu	7.25	EMFTEL
			Luis Dinis Vizcaíno	7.25	EMFTEL
			Fco. J. Cao	3	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
C. Armenta Déu	L-J:13.30-14:30	cardeu@fis.ucm.es	Sem. Dpto. EMFTEL
Luis Dinis Vizcaíno	Por determinar	ldinis@fis.ucm.es	
Fco. J. Cao	Por determinar	francao@fis.ucm.es	

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"> • Proporcionar al alumno una completa visión del sistema de energía global que rige en la actualidad en nuestro plantea • 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” • Conocer los principios fundamentales que rigen los procesos de eficiencia energética • 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 • Llevar a cabo una exhaustiva revisión de las distintas fuentes de energía desde el punto de vista de su eficiencia • Establecer cuáles son los riesgos derivados del uso de las distintas fuentes de energía y sus 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 <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"> • Proporcionar al alumno una completa visión del sistema de energía global que rige en la actualidad en nuestro plantea • 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” • Conocer los principios fundamentales que rigen los procesos de eficiencia energética • 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 • Llevar a cabo una exhaustiva revisión de las distintas fuentes de energía desde el punto de vista de su eficiencia • Establecer cuáles son los riesgos derivados del uso de las distintas fuentes de energía y sus

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: Sistemas con recuperación de calor

Práctica 3: Determinación del COP en máquinas y generadores eléctricos

Práctica 4: Evaluación energética de procesos con combustibles fósiles

Práctica 5: Evaluación del factor de potencia.

- Máquinas y motores. Compensación de cargas reactivas

- Sistemas de iluminación.

Práctica 6: Eficiencia y ahorro energético en sistemas de iluminación

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"> • Proyectos de asignatura y casos prácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		
Realización de exámenes	Peso:	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 		
Calificación final		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = Ex + 0.1Pb + 0.2Pr + 0.2Py$ <p style="text-align: center;">Donde $Ex = 0.4CpEv + 0.1PrEv$</p> <p>donde C_f 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, Py la calificación del proyecto de asignatura, $CpEv$ la calificación del caso práctico de evaluación en el examen final, $PrEv$ las preguntas de examen sobre la parte práctica de laboratorio, y Ex 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



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

	Total	Teoría	Prácticas	Laboratorio
Créditos ECTS:	6.05	3.55	0.75	1.75
Horas presenciales	60.5	35.5	7.5	17.5

Profesor coordinador:	Óscar Moreno Díaz			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	Dpto. EMFTEL, 3ª planta	e-mail:	osmoreno@ucm.es	

Teoría y prácticas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B		L:17:30-19:00 X:19:00-20:30	Oscar Moreno Díaz	12/09/2018-20/12/2018	43	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	Laboratorio Física Nuclear 27/09/2018-13/12/2018	6 sesiones de 3 h J:17:30-20:30	Joaquín López Herraiz Víctor Sánchez- Tembleque Verbo	8.75 8.75	EMFTEL	
A2	Laboratorio Física Nuclear 27/09/2018-13/12/2018	6 sesiones de 3 h J:17:30-20:30	Joaquín López Herraiz Víctor Sánchez- Tembleque Verbo	8.75 8.75	EMFTEL	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Óscar Moreno Díaz	Consultar con el profesor	osmoreno@ucm.es	Despacho de O. Moreno (Dpto. EMFTEL, 3ª planta)

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

- Formar al alumno en los fundamentos físicos de la Energía Nuclear.
- Dotar al alumno de la capacidad de análisis para la resolución de problemas y casos prácticos.
- Facilitar al estudiante el acceso a los conocimientos esenciales para el desarrollo de su actividad profesional en el campo de la Energía Nuclear.
- Adquirir las habilidades necesarias para el tratamiento de los fenómenos y procesos en Energía Nuclear.

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 Nuclear se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:

- Comprensión de los fenómenos y estructuras que tienen lugar en las escalas de los núcleos atómicos y las partículas.
- Conocimiento de la diversidad de reacciones nucleares que tienen lugar de forma natural, así como de sus aplicaciones para usos prácticos en nuestra sociedad.
- Conocimiento en profundidad de los balances energéticos en los procesos nucleares.

Conocimientos previos necesarios

Se recomienda tener conocimientos básicos de física cuántica.

Programa de la asignatura

Teoría

- Tema 1: Introducción a la femtofísica: El núcleo atómico y sus componentes, interacciones fundamentales, leyes de conservación, clasificación de partículas.

- 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.
- Tema 3: Desintegraciones radiactivas en procesos energéticos: 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.
- Tema 4: Reacciones nucleares con impacto en procesos energéticos: tipos, cinemática, balance energético. Sección eficaz microscópica y macroscópica.
- 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.
- 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.
- 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.

Prácticas de laboratorio presencial

- Práctica 1: Radiación alfa
- Práctica 2: Radiación beta
- Práctica 3: Radiación gamma
- Práctica 4: Blindajes y detectores

Bibliografía

- Fundamentos de física nuclear e introducción a la energía nuclear:
 - K. S. Krane. *Introductory Nuclear Physics*. John Wiley & Sons, 1988.
 - 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 numérica en la solución del problema planteado.
- Laboratorio
 - 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

<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de asignatura <ul style="list-style-type: none"> ○ 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. • Evaluación final <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		
Realización de exámenes	Peso:	60%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
<p>Asimismo, se evaluará:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase. • Las prácticas de laboratorio. • La realización de proyectos de asignatura. <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>		
Calificación final		
<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 es la nota del examen final, Pb es la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Pr es la calificación media de las prácticas de laboratorio y Py es la calificación del proyecto de la asignatura.</p>		

2.3. Sistemas y Reactores de Fisión



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

	Total	Teóricos	Prácticos	Laboratorio
Créditos ECTS:	6.05	3.55	0.75	1.75
Horas presenciales	60.5	35.5	7.5	17.5

Profesor coordinador:	Óscar Moreno Díaz			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	Dpto. EMFTEL, 3ª planta	e-mail	osmoreno@ucm.es	

Teoría y problemas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	Horas	Dpto.
12	M,J	17:30-19:00	Óscar Moreno Díaz	31/01-25/04/2019	40.5	EMFTEL
	L	17:30-19:00		4,11,18,25/03/2019		
12	J	17:30-19:00	Daniel Sánchez Parcerisa	09-16/10/05/2019	2.5	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A	Aula 12 y Aula 15 24/04/2019-14/05/2019	L: 14:30-17:30 M:17:30-20:30 6 sesiones de 3 h	Daniel Sánchez Parcerisa	17.5	EMFTEL	

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

Programa de la asignatura

Teoría

Tema 1: Energía nuclear y fisión.

Desarrollo histórico de la energía nuclear de fisión. Estructura de la materia a pequeñas escalas. Modelo Estándar de partículas. Carta de núcleos y estabilidad nuclear. Masas nucleares y atómicas. Energía de ligadura nuclear. Fórmula semiempírica de masas. Liberación de energía en reacciones y desintegraciones nucleares. Radiactividad. Reacciones de fisión. Teoría de la fisión en el modelo de gota líquida. Distribución de masas y energías en los productos de fisión. Núcleos fisionables y fisibles.

Tema 2: Reacciones de fisión en cadena y neutrónica.

Origen de los neutrones en un medio. Interacción de neutrones con núcleos: tipos de interacciones, resonancias, secciones eficaces microscópicas y macroscópicas.

Tema 2A: Distribución energética del flujo neutrónico.

Distribuciones energéticas del número y del flujo de neutrones. Secciones eficaces promediadas en energía. Espectros del flujo de neutrones en reactores rápidos y térmicos. Neutrones en el fuel y en el moderador. Factor de multiplicación en reactores rápidos. Factor de multiplicación en reactores térmicos: fórmula de los cuatro factores.

Tema 2B: Cinética de reactores (dependencia temporal del flujo neutrónico).

Balance temporal de neutrones. Condiciones de criticidad. Papel de los neutrones retardados. Reactividad y periodo del reactor. Inserciones de reactividad. Efectos sobre la reactividad. Temperatura y retroalimentación. Potencia del reactor.

Tema 2C: Distribución espacial del flujo neutrónico.

Definición de flujo escalar y de corriente. Ecuación de balance espacial de neutrones. Validez de la aproximación de difusión. Distribución espacial de neutrones en reactor cilíndrico. Factores de forma o de curvatura de flujo, criticidad. Aproximación de dos grupos para reactores térmicos. Efecto de configuraciones y componentes en la distribución espacial del flujo de neutrones. Ecuación de transporte y ecuación de continuidad.

Tema 3: Centrales nucleares.

Componentes de un reactor nuclear. Retícula del núcleo del reactor. Diseño de un reactor.

Reactores térmicos de agua ligera (LWR-BWR y LWR-PWR). Del núcleo del reactor a la central nuclear (reactor PWR). Reactores térmicos de agua pesada (HWR) – CANDU (PHWR). Reactores térmicos moderados por grafito (GCR y HTGR). Reactores térmicos RBMK. Reactores rápidos. Comparativa de usos, componentes y parámetros de los diferentes tipos de reactores. Tipos de reactores en España y en el mundo.

Tema 4: El combustible nuclear.

Tipos de ciclo de combustible. Fases del ciclo de combustible. Métodos de enriquecimiento. Disposición en la central. Grado de quemado. Recursos naturales.

Tema 5: Residuos radiactivos.

Origen de los residuos. Clasificación. Gestión. Composición del combustible gastado en una central. Actividad y potencia calorífica del combustible gastado. Almacenamiento del combustible gastado.

Tema 6: Seguridad nuclear.

Interacción radiación-materia. Magnitudes dosimétricas. Efectos biológicos de la radiación. Bases de protección radiológica. Radioprotección y energía nuclear. Clasificación de accidentes e incidentes en centrales nucleares. Análisis determinista y probabilístico. El factor humano. Elementos técnicos de seguridad en centrales nucleares. Accidentes importantes relacionados con la energía nuclear.

Tema 7: Sistemas avanzados y futuros.

Aspectos generales de los reactores avanzados y futuros. Reactores de generación III y IV. Reactores de muy alta temperatura. Reactores reproductores. Sistemas subcríticos, regulados por acelerador. Energía nuclear de fusión, confinamiento magnético e inercial, proyecto ITER y DEMO.

Tema 8: Armamento nuclear y no proliferación.

Mecanismos de ignición en bombas de fisión. Materiales fisibles para armamento nuclear. Bombas de fisión con uranio y con plutonio. Bombas termonucleares. Medidas de no proliferación. Tratados internacionales de no proliferación.

Prácticas de laboratorio

1. Introducción a los programas de transporte por Monte Carlo.
2. Simulación de un reactor de agua a presión.
3. Simulación de un reactor de agua en ebullición. Cálculo del grado de quemado.
4. Simulación de un reactor CANDU. Cálculo de productos de fisión.
5. Introducción a otros programas de transporte de partículas.

Bibliografía

- D. Bodansky. *Nuclear Energy*. Springer, 2004. ISBN 0-387-20778-3.
- 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.

Metodología

El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:

- Clases teóricas: 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. 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.
- 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.
- 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.
- Seminarios: impartidos por especialistas externos a la UCM sobre temas de actualidad

correspondientes a los apartados del temario.

- 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
Se realizará un ejercicio de evaluación presencial al finalizar el periodo de clases de teoría, que permitirá eliminar materia, y otro al final del cuatrimestre si fuera necesario. El peso conjunto para la nota final será del 60%.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
Se evaluarán también:		
<ul style="list-style-type: none"> - Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase, con un peso del 10%. - Un proyecto basado en uno de los temas de la asignatura, con un peso del 10%. - Las prácticas de laboratorio, con un peso de 20% 		
Calificación final		
El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:		
$Cf = 0.6 Ex + 0.1 Pb + 0.2 Pr + 0.1 Py$,		
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.		

2.4. Sistemas Solares Térmicos



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

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

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

Teoría / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado						
Aulas	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12 Aula 15	M,X,J	19:00-20:30	Daniel Vázquez Molini	30/01/2019-19/02/2019	15	Óptica
12 Aula 1 Inf.				26-28/02/2019	6	
12	X,J	19:00-20:30	Carlos Armenta Déu	06/03/2019-25/04/2019	22	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio de Óptica, 3ª planta 11-25/03/2019	M:19:00-20:30 3 sesiones de 1.5 h	Daniel Vázquez Molini	4.5	Óptica
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 07/02/2019-21/03/2019	J:14:30-17:30 9 sesiones de 1.5 h	Luis Dinis Vizcaíno	13	EMFTEL
A2	Laboratorio de Óptica, 3ª planta 11-25/03/2019	M:19:00-20:30 3 sesiones de 1.5 h	Daniel Vázquez Molini	4.5	Óptica

A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 07/02/2019-21/03/2019	J:14:30-17:30 9 sesiones de 1.5 h	Carlos Armenta Déu	13	EMFTEL
-----------	---	--------------------------------------	--------------------	----	--------

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
C. Armenta Déu	M,J:14:30-16:00	cardeu@fis.ucm.es	Sem. Dpto. EMFTEL
L. Dinis	M,J:14:30-16:00	ldinis@fis.ucm.es	Sem. Dpto. EMFTEL
D. Vázquez	M:16:00-19:00	dvazquez@ucm.es	Sem. Dpto. Óptica

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>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</p>

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 de Recursos Renovables 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, 2nd 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 en 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

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	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.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase • Las prácticas de laboratorio • La resolución de casos prácticos <p>La realización del proyecto de asignatura</p>		
Calificación final		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5Ex + 0.2Pb + 0.15Py + 0.15Pr$ <p>Donde $Ex = 0.125Cp + 0.125CPr + 0.125T + 0.125Lab$</p> <p>donde C_f es la calificación final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Py la calificación del proyecto de asignatura, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio, Cp la calificación media de la resolución del caso práctico de evaluación, CPr la calificación de las cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio, T la calificación de las cuestiones teóricas del examen, Lab la calificación de la prueba práctica de laboratorio de informática y Ex 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 2018-19)

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

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

Profesor/a Coordinador/a:	Ignacio Martil de la Plaza			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	119	e-mail	imartil@fis.ucm.es	

Teoría / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	L, X, J:	14:30-16:00	Ignacio Mártil de la Plaza Eric García Hemme	Se alternarán a lo largo del curso	23 20	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Lab. Electrónica Aula Informática	8 sesiones X:14:30-16:00 4 sesiones J: 14:30-16:00 31/10/2018-19/12/2018	Ignacio Martil	17.5	EMFTEL
A2	Lab. Electrónica Aula Informática	8 sesiones X:14:30-16:00 4 sesiones J: 14:30-16:00 31/10/2018-19/12/2018	Eric García Hemme	17.5	EMFTEL

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
Eric García Hemme	L y M (11:00-13:00)	eric.garcia@ucm.es	Despacho 206

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 las 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"> - 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 - Resolver problemas y aplicaciones en el ámbito de la energía solar fotovoltaica con diversas técnicas. Análisis comparativo y discusión de resultados - Valorar y contrastar aspectos novedosos en el campo de la investigación en energía solar fotovoltaica - 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 - 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
<p>La estructura de la asignatura de Energía Solar Fotovoltaica se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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_{1-x}) Se₂.

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 2018-19)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	5	1	
Horas presenciales	60.5	43	17.5	

Profesor/a Coordinador/a:	Enrique San Andrés			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	205	e-mail	esas@ucm.es	

Teoría / Seminarios / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,M,X	16:00-17:30	Enrique San Andrés	30/01/2019-24/04/2019	43	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	-Laboratorio de Electrónica, sótano, módulo este	M,J:14:30-17:30 3 sesiones de 3 h 25/04,27/04,07/05 2018	Enrique San Andrés	8.75	EMFTEL	
A2	-Laboratorio de Electrónica, sótano, módulo este	M,J:14:30-17:30 3 sesiones de 3 h 09/05,14/05,16/05 2018	Enrique San Andrés	8.75	EMFTEL	
A1	-Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur.	M,J:14:30-17:30 3 sesiones de 3 h 09/05,14/05,16/05 2018	Luis Dinis	8.75	EMFTEL	

A2	-Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur.	M,J:14:30-17:30 3 sesiones de 3 h 25/04,27/04,07/05 2018	Carlos Armenta	8.75	EMFTEL
-----------	--	---	----------------	------	--------

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Enrique San Andrés	L,X: 9:30-11:30	esas@ucm.es	D. 205 módulo centra
Carlos Armenta	L,J:13:30-14:30	cardeu@fis.ucm.es	D.211 módulo central sur
Luis Dinis	L,J:13:30-14:30	ldinis@fis.ucm.es	D. 204 módulo central sur

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<ul style="list-style-type: none"> • 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 • 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 • Hacer comprender al alumno los principios de funcionamiento de los principales dispositivos que conforman los sistemas solares fotovoltaicos • Estudiar las características de los sistemas solares fotovoltaicos y su influencia en los procesos de conversión energética • Conocer la estructura de los diferentes sistemas solares fotovoltaicos • Dar a conocer las diferentes aplicaciones en las que los sistemas solares fotovoltaicos intervienen • 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 • 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 fotovoltaica que le habilite para el desarrollo de la profesión tanto en el ámbito científico como en el profesiona

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
<p>La estructura de la asignatura de Sistemas Solares se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
<p>Será necesario tener conocimientos básicos de teoría de circuitos y electrónica.</p> <p>Será recomendable haber cursado la asignatura de Evaluación de Recursos Renovables del primer cuatrimestre del Máster Universitario en Energía.</p>

Programa de la asignatura
<p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema 1: Introducción. Componentes de un sistema fotovoltaico. Cálculo de productividad y dimensionado básico de sistemas fotovoltaicos. • Tema 2: Dispositivos para la transmisión y conversión de la energía. Fundamentos de electricidad. • Tema 3: 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 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*. 3rd ed. R. A. Messenger and J. Ventre. CRC Press, 2012.
- *Planning & Installing Photovoltaic Systems* 2nd ed.. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. 2008.
- *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* 2nd ed. A. Luque and S. Hegedus. John Wiley & Sons. 2011.
- *Modelling Photovoltaic Systems using PSPICE* 1st Ed. L. Castañer, S. Silvestre. John Wiley & Sons. 2002.
- *Power Electronics*. 3rd ed. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins. John Wiley & Sons. 2003.
- *Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems* 1st 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		
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases teóricas <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico y/o simulaciones 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico y 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		
Realización de exámenes	Peso:	60%
<p>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.</p>		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
<p>Además se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase • Las prácticas de laboratorio <p>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%.</p>		

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.

Para superar la evaluación global será requisito alcanzar una calificación mínima de 4 puntos en el examen final

2.7. Energía Eólica



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.5	0.6	1
Horas presenciales	60.5	37	6	17.5

Profesor/a Coordinador/a:	Carlos Armenta Déu			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	211 (3ª Sur)	e-mail	cardeu@fis.ucm.es	

Teoría / Seminarios / Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	L,M,X:	14:30-16:00	Carlos Armenta Déu	30/01/2019-03/04/2019	43	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 11,25/02;1,8/04-2019 4-25/03/2019	4 sesiones de 3 h L:17:30-20:30	Carlos Armenta Déu	8.75	EMFTEL
		4 sesiones de 1.5 h L:19:00-20:30	Jaime Rosado Vélez	8.75	
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 11,25/02;1,8/04-2019 4-25/03/2019	4 sesiones de 3 h L:17:30-20:30	Carlos Armenta Déu	8.75	EMFTEL
		4 sesiones de 1.5 h L:19:00-20:30	Jaime Rosado Vélez	8.75	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Carlos Armenta Déu	M,X: 14.30-17.30	cardeu@fis.ucm.es	Seminario Dpto. EMFTEL

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"> • 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 <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
<ul style="list-style-type: none"> • 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
<i>Ninguno</i>

Programa de la asignatura
<p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema 1: Características del recurso eólico. Evaluación del recurso eólico. Ley de Betz. Potencial. Estudio de perfiles aerodinámicos. Perfil vertical de viento. Distribución de velocidades • Tema 2: Métodos y procesos estadísticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Distribuciones de Wiebull y Rayleigh ○ Bases de datos y proceso de filtrado • Tema 3: Aerodinámica <ul style="list-style-type: none"> ○ Fundamentos: Teoría del momento lineal. Teoría del movimiento de rotación: ○ Mecánica de Fluidos ○ Aspectos mecánicos y dinámicos: 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
- Tema 6: Aplicaciones de los aerogeneradores
- Tema 7: Aspectos económicos
- Tema 8: Impacto medio ambiental

Seminarios

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

Prácticas

- Práctica 1: Medición de velocidad de viento. Calibración de sensores
- Práctica 2: Medición en túnel de viento. Caracterización del recurso eólico
- Práctica 3: Determinación del perfil de velocidades en la pala de un aerogenerador
- Práctica 4: Caracterización de un aerogenerador de eje horizontal: potencia e intensidad de viento variable
- Práctica 5: Control de orientación del rotor de un aerogenerador. Determinación del ángulo de guiñada
- Práctica 6: Caracterización del comportamiento de un aerogenerador de eje vertical
- Práctica 7: Evaluación de las fuerzas de sustentación en perfiles alares
- Práctica 8: Medida de la fuerza de empuje sobre aerogeneradores
- Práctica 9: Determinación del efecto de turbulencias sobre el comportamiento de un aerogenerador: pérdida de energía por obstáculos naturales y artificiales
- Práctica 10: Operación con sistemas de transmisión en aerogeneradores: sistema de control de acoplamiento
- Práctica 11: Gestión de bases de datos: optimización de emplazamientos
- Práctica 12: 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		
Realización de exámenes	Peso:	50%
<p>Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre</p> <p>En el examen se evaluarán tanto los conocimientos del alumno en la parte teórica como las competencias adquiridas en la parte práctica de la asignatura y su capacidad para resolver situaciones concretas relativas al temario de la asignatura</p>		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 		
Calificación final		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.5E_x + 0.2P_b + 0.3P_y$ <p>Donde $E_x = 0.25C_p + 0.25P_r$</p> <p>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 la resolución del caso práctico de evaluación, P_r, la calificación de las cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio, P_y la calificación del proyecto de asignatura, y E_x 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>		

2.8. Almacenamiento y Pilas de Combustible



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

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

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

Teoría / Seminarios / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	L,J:	16:00-17:30	Carlos Armenta Déu	13/09/2018-08/11/2018	15	EMFTEL
5B	L,J:	16:00-17:30	V. María Barragán García	11/11/2018-20/12/2018	28	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 25/09/2018-16/10/2018	2 sesiones de 3h M:17:30-20:30	Carlos Armenta Déu	6	EMFTEL	
	Laboratorio Física Térmica, 3ª planta, módulo Central Norte 23/10/2018-11/12/2018	4 sesiones de 3 h M:14:30-17:30	V.M. Barragán García	11.5		
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 25/09/2018-16/10/2018	2 sesiones de 3 h	Luis Dinis Vizcaíno	6	EMFTEL	
	Laboratorio Física Térmica, 3ª planta, módulo Central Norte 23/10/2018-11/12/2018	4 sesiones de 3 h M:16:30-17:30	V.M. Barragán García	11.5		

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
C. Armenta Déu Luis Dinis	M,J:14:30-16:00	cardeu@fis.ucm.es ldinis@fis.ucm.es	D.211 módulo central sur D.204 módulo central sur
V.M. Barragán García	L: 14:30-15:30 M:13:30-15:30	vmabarra@ucm.es	Despacho 113

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

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.

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.

- 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 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.

Competencias

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

Conferencia:

Vehículo eléctrico: características, situación y perspectivas

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

Realización de exámenes	Peso:	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
Asimismo, se evaluará		
<ul style="list-style-type: none"> • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase • Las prácticas de laboratorio • La resolución de casos prácticos 		

- La realización del proyecto de asignatura

Calificación final

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

$$C_f = 0.5Ex + 0.2Pb + 0.15Py + 0.15Pr$$

$$\text{Donde } Ex = 0.1Cp + 0.075CPr + 0.175T + 0.15Px$$

donde C_f es la calificación final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Py la calificación del proyecto de asignatura, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio, Cp la calificación media de la resolución del caso práctico de evaluación, CPr la calificación de las cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio, T la calificación de las cuestiones teóricas del examen, Px la calificación de los problemas del examen 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.

2.9. Evaluación de Recursos Renovables



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

Ficha de la asignatura:	Evaluación de Recursos Renovables			Código	606770
Materia:	Simulación y Predicción	Módulo:	Avanzado		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.3	0.75	1
Horas presenciales	60.5	37	6	17.5

Profesor/a Coordinador/a:	Fidel González Rouco			Dpto:	FTA
	Despacho:	6 (Bª Oeste)	e-mail	fidelgr@ucm.es	

Teoría / Seminarios / Prácticas - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	X:17.30-19.00 M:17.30-20.30		Carlos Armenta Déu	Se alterán a lo largo del cuatrimestre	5.5	EMFTEL FTA
			Fidel González		31.5	
5B	M:19.00-20.30		Carlos Armenta Déu	16/10/2018-27/11/2018	6	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 02-16/10/2018	3 sesiones de 3 h M:14:30-17:30	Carlos Armenta Déu	9	EMFTEL	
A1	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 05-12/12/2018	2 sesiones de 3 h M:14:30-17:30	Luis Dinis Vizcaíno	5.5	EMFTEL	
A1	Aula Informática 1 19/12/2018	1 sesión de 3 h M:14:30-17:30	Fco. J. Cao	3	EMFTEL	

A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 02-09/10/2018	2 sesiones de 3 h M:14:30-17:30	Carlos Armenta Déu	5.5	EMFTEL
A2	Laboratorio Energías Renovables, 3ª planta, módulo Central Sur 05-19/12/2018	3 sesiones de 3 h M:14:30-17:30	Luis Dinis Vizcaíno	9	EMFTEL
A2	Aula Informática 1 16/10/2018	1 sesión de 3 h M:14:30-17:30	Fco. J. Cao	3	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Fidel González Carlos Armenta Déu	L,M:12:00-13:30 L,M,X: 13-14	fidelgr@ucm.es cardeu@fis.ucm.es	Ala Oeste, Plta. Baja Seminario Dpto. EMFTEL

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

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 de las Energías Renovables, fundamentalmente solar e hidráulica, 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.

- Conocer y comprender los fundamentos en los que se basa la evaluación de los recursos energéticos renovables solar e hidráulico
- Establecer la relación del recurso energético solar e hidráulico con la Física
- Aprender a evaluar el recurso solar e hidráulico para su empleo en las diversas aplicaciones que utilizan estos tipos de fuente de energía renovable
- Familiarizar al alumno con las modernas metodologías de predicción y estimación del recurso solar, así como con los modernos métodos numéricos de evaluación de este tipo de recursos
- Dar a conocer al alumno las herramientas necesarias para determinar la forma de aplicar el valor del recurso solar e hidráulico en aplicaciones energéticas
- 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
- Conocer los sistemas, elementos y dispositivos para la medida y determinación del recurso solar e hidráulico

- Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía hidráulica y solar dentro del ámbito de las empresas del sector dedicadas a la evaluación y prospección del recurso solar e hidráulico

Competencias

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

Resumen

- Conocer y comprender los fundamentos en los que se basa la evaluación del recurso solar e hidráulico
- Establecer la relación del recurso energético solar e hidráulico con la Física
- Aprender a evaluar el recurso solar e hidráulico para su empleo en las diversas aplicaciones que utilizan estos tipos de fuente de energía renovable
- Familiarizar al alumno con las modernas metodologías de predicción y estimación del recurso solar e hidráulico, así como con los modernos métodos numéricos de evaluación de este tipo de recursos
- Dar a conocer al alumno las herramientas necesarias para determinar la forma de aplicar el valor del recurso solar e hidráulico en aplicaciones energéticas
- Desarrollar las habilidades necesarias para poder establecer de forma práctica el valor del recurso energético hidráulico y solar con la mayor precisión posible para cualquier ubicación y período de tiempo
- Conocer los sistemas, elementos y dispositivos para la medida y determinación del recurso hidráulico y solar
- Dotar al alumno de los conocimientos y habilidades necesarias para poder llevar a cabo tareas específicas en el campo de la energía hidráulica y solar dentro del ámbito de las empresas del sector dedicadas a la evaluación y prospección del recurso solar e hidráulico

Conocimientos previos necesarios

Ninguno

Programa de la asignatura

Teoría

- Tema 1: Fundamentos físicos del recurso solar. Relaciones astronómicas. Magnitudes
- Tema 2: Ecuación del tiempo: evaluación de la irradiancia solar
- Tema 3: Distribución espectral. Constante solar
- Tema 4: Tipos de irradiancia solar. Absorción atmosférica. Albedo
- Tema 5: Irradiancia solar sobre plano horizontal e inclinado. Coeficientes de radiación
- Tema 6: Circulación general de la atmósfera
- Tema 7: Conceptos fundamentales de fluidos: semejanza hidráulica

- Tema 8: Principio de Bernouilli. Ecuación general de la energía
- Tema 9: Pérdidas de energía
- Tema 10: Turbomáquinas: bombas y turbinas

Prácticas

- Práctica 1: Caracterización del recurso solar. Medición de irradiancia solar global, difusa y directa sobre plano horizontal e inclinado
- Práctica 2: *Dispositivos de medida. Métodos de calibración.* Sistema de toma de datos automática: programación y secuencia temporal
- Práctica 3: *Bases de datos y proceso de filtrado* Manejo y tratamiento de bases de datos en energía solar
- Práctica 4: Caracterización del funcionamiento de una turbina Pelton para generación hidroeléctrica
- Práctica 5: Generación de energía hidroeléctrica en corriente continua y alterna
- Práctica 6: Sistemas de generación y recuperación de energía hidroeléctrica: sistema de bombeo y sistema de impulsión. Manejo de bombas y turbinas
- Práctica 7: Caracterización de un sistema híbrido: generación hidroeléctrica y almacenamiento hídrico. Determinación de pérdidas de energía

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
- Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos. **J.M. Fernández Oro**. Ed. Reverté
- Mecánica de Fluidos. **Frank M. White** Ed. McGraw Hill
- 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.

<ul style="list-style-type: none"> • 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		
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases teóricas <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 • Ejercicios <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 • Evaluación final <ul style="list-style-type: none"> ○ 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		
Realización de exámenes	Peso:	50%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
<p>Asimismo, se evaluará</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase • Las prácticas de laboratorio • La resolución de casos prácticos • La realización del proyecto de asignatura 		
Calificación final		

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

$$C_f = 0.5Ex + 0.2Pb + 0.15Py + 0.15Pr$$

$$\text{Donde } Ex = 0.1Cp + 0.075CPr + 0.175T + 0.15Px$$

donde C_f es la calificación final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Py la calificación del proyecto de asignatura, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio, Cp la calificación media de la resolución del caso práctico de evaluación, CPr la calificación de las cuestiones relativas a las prácticas de laboratorio, T la calificación de las cuestiones teóricas del examen, Px la calificación de los problemas del examen 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.

2.10. Modelización y Simulación de Procesos Energéticos



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

Ficha de la asignatura:	Modelización y Simulación de Procesos Energéticos			Código	606769
Materia:	Simulación y Predicción	Módulo:	Avanzado		
Carácter:	Optativa	Curso:	1º	Semestre:	2º

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

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

Teoría / Seminarios / Prácticas- Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	X:17:30-19:00		Matilde Santos Peñas	30/01-24/04/2019	21	ACYA
Sem. 3.1	L:17:30-20:30 L,M:14:30-16:00			04-18/02;29/04;06/05-2019 08-23/04/2019	22	

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar		Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula Informática 1 30/01;14-28/02-03;04/04-2019		6 sesiones de 3 h J:14:30-17:30	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.
- Evaluación final
 - Se evaluará de forma individual el desarrollo y la presentación de un proyecto de simulación en el ámbito de los sistemas de energía.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	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.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	30%
Asimismo, se evaluará <ul style="list-style-type: none"> • La asistencia y participación en las clases, fundamentalmente la discusión de artículos científicos sobre aplicaciones en el ámbito energético de modelos y simulación (20%) • La realización de las prácticas (10%) 		
Calificación final		
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 2018-19)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	0	6	
Horas presenciales	150	0	150	

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

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

	empresas colaboradoras			
--	------------------------	--	--	--

*: 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 REQUIERIERAN, LAS PRÁCTICAS SE PODRÁN LLEVAR A CABO DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE

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

- 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

Resumen

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
<i>Ninguno</i>

Programa de la asignatura
<p><u>Prácticas</u></p> <p>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</p>

Bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> • La que fuere necesario
Recursos en internet
<ul style="list-style-type: none"> • Los que fueran necesarios

Metodología
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 • 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 • 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 • 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

Procedimiento de matriculación
<p>Para la asignatura Prácticas en Empresa, la matrícula nunca se realizará de forma automática. Para formalizar la práctica y poder matricular la asignatura, será necesario haber realizado primero un anexo del estudiante en el que se recogen las condiciones académicas y profesionales de la misma. Este anexo debe ser firmado por un tutor en la empresa, un tutor académico de la UCM y el propio alumno. Para la gestión del mismo será necesario ponerse en contacto con el/la coordinador/a de la titulación quien informará sobre las ofertas y adjudicación de las prácticas y gestionará la firma del anexo por las tres partes.</p> <p>El protocolo de asignación deberá pasar por la plataforma GIPE de gestión, por lo que es altamente recomendable darse de alta como práctica curricular al inicio de curso. Una vez acordada la práctica y firmado el anexo, el alumno deberá entregarlo a la Vicedecana de Movilidad y Prácticas quien lo remitirá a Secretaría de Alumnos para proceder a la matrícula.</p> <p>El protocolo de asignación deberá pasar por la plataforma GIPE de gestión, por lo que es altamente recomendable darse de alta al inicio de curso en la modalidad de prácticas curriculares. Una vez acordada la práctica y firmado el anexo, el/la coordinador/a lo entregará a la Vicedecana de Movilidad y Prácticas, quien lo remitirá a Secretaría de Alumnos para proceder a la matrícula de la asignatura de Prácticas y del TFM.</p>

Evaluación		
Informe del tutor	Peso	30%
<p>El tutor de la empresa procederá a evaluar el trabajo desarrollado por el alumno y emitirá el informe correspondiente con su valoración</p>		
Otras actividades de evaluación	Peso	70%
<p>La evaluación de la materia se realizará en función de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. La evaluación de la memoria tendrá un peso específico del 80%, dividido en dos partes: • Memoria del trabajo ejecutado: 40% • Defensa del trabajo realizado: 30% 		
Calificación final		
<p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = 0.4M + 0.3D + 0.3I_n$ <p>donde C_f 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 I_n, la calificación del informe del tutor o responsable</p>		

2.12. Trabajo Fin de Master



MASTER EN ENERGÍA (curso 2018-19)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	0	6	
Horas presenciales	150	0	150	

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

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.

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

- Familiarizar al alumno con la metodología de trabajo en temas de I+D+i relativos al campo de la energía

- 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

Resumen

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

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtención de resultados ➤ Análisis de resultados teórico-experimentales ➤ Conclusiones ➤ Elaboración de la Memoria ➤ Elaboración de la presentación para defensa del Trabajo Fin de Master
--

Bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> • La que fuera necesaria
Recursos en internet
<ul style="list-style-type: none"> • Los que fueran necesarios

Metodología
<p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 • 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 • 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 • 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 • 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

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso	0%
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"> • Grado de innovación del trabajo realizado 		

- 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
- Informe del Tutor o Director del trabajo
- Defensa del trabajo, atendiendo a la exposición y respuestas a las preguntas de los miembros del Tribunal

La valoración de cada uno de los apartados será como sigue:

Innovación: 5%

Memoria: 55%

Informe: 10%

Defensa: 30%

Calificación final

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

$$C_f = 0.05I + 0.55M + 0.1Inf + 0.3D$$

donde C_f 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

3. Competencias

APC	Almacenamiento y Pilas de Combustible
CEE	Conversión y Eficiencia Energética
EN	Energía Nuclear
EREN	Evaluación de Recursos Renovables
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							
EREN							
ESF							
TPE							
EOL							
SST							
SFV							
TDOE							
MSPE							
SRF							
PE							
TFM							

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

	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7	CT8
APC								
CEE								
EN								
EREN								
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														
EREN														
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

Curso Único

1º SEMESTRE – GRUPO ÚNICO Aula 5B

PRIMER CUATRIMESTRE

	LUNES	MARTES		MIÉRCOLES	JUEVES
14:30-16:00	ESF	Lab.	Lab.	ESF/Lab. ESF	ESF
16:00-17:30	APC	APC	EREN	CEE	APC
17:30-19:00	EN	EREN		EREN	Lab.EN
19:00-20:30	CEE	EREN		EN	Lab.CEE

2º SEMESTRE – GRUPO ÚNICO

Aula 12

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES		
14:30-16:00	EOL	EOL	EOL	Lab.	Lab.	Lab.
16:00-17:30	SFV	SFV	SFV	SFV	SST	MSPE
17:30-19:00	MSPE	SRF	SRF	MSPE	SRF	
19:00-20:30	Lab. EOL	SST	SST	SST		

CLAVES

EREN	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

Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	del 12 de septiembre al 20 de diciembre de 2018
Exámenes Primer Semestre (febrero):	del 8 al 25 de enero de 2019
Clases Segundo Semestre:	del 30 de enero al 11 de abril de 2019 y del 23 de abril al 20 de mayo de 2019
Exámenes Segundo Semestre (junio):	del 20 de mayo al 7 de junio de 2019
Exámenes Segunda Convocatoria (septiembre)	del 1 al 19 de Julio de 2019

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
12 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Festividad Inmaculada Concepción
25 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 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 12 al 22 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 1 al 31 de agosto	Vacaciones de Verano



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Calendario Académico del Curso 2018/2019

2018

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

Octubre						
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				

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		

2019

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						

Enero						
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		

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	

12/9/2018 Inicio clases

25 Sto. Tomás de Aquino

12 S. Alberto Magno

Periodos de exámenes

Periodos no lectivos

y Fin plazo entrega actas

Exámenes parciales de 1º Grado en Física

Tribunales Trabajos Fin de Grado en Física / Ingenierías

Aprobado en Junta de Facultad de 13/03/2018

Aprobado en Junta de Facultad del 13-3-2018 y modificado en la del 6-7-2018. Una vez que se publiquen en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el año 2019, 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, <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

2.1. Calendario de Exámenes

Consultar la web de la Facultad de Ciencias Físicas

2.2. Calendario de Presentaciones

Consultar la web del Master en Energía

4. Comisión de Coordinación del Master

<i>Departamento, Centro o Empresa</i>	<i>Nombre del miembro de la Comisión</i>
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	Jesús Fidel González Rouco
Óptica	Daniel Vázquez Moliní
Arquitectura de Computadores y Automática	Matilde Santos Peñas
Reacción Upttheworld	Sergio Pedrosa (Pendiente de Aprobación en Junta de Facultad)