

ANX-PR/CL/001-01
GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

Energía solar termica y fotovoltaica

CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE

2016-17 - Primer semestre

Datos Descriptivos

Nombre de la Asignatura	Energía solar térmica y fotovoltaica
Titulación	05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía
Centro responsable de la titulación	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Semestre/s de impartición	Primer semestre
Carácter	Obligatoria
Código UPM	53001052
Nombre en inglés	Thermal and photovoltaic solar energy

Datos Generales

Créditos	4.5	Curso	1
Curso Académico	2016-17	Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano	Otros idiomas de impartición	

Requisitos Previos Obligatorios

Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

Conocimientos Previos

Asignaturas Previas Recomendadas

Tecnología eléctrica y redes

Otros Conocimientos Previos Recomendados

Transferencia de calor y de materia

Tecnología eléctrica

Competencias

CE 27 - Diseñar sistemas de energías renovables, para aplicaciones diversas y complejas, dentro de contextos multidisciplinares analizando de forma crítica las implicaciones ambientales

CE 28 - Analizar el comportamiento energético de los sistemas de energías renovables determinando y aplicando criterios innovadores de optimización energética, económica y ambiental

CE 29 - Evaluar las consecuencias ambientales de los procesos e instalaciones de energías renovables para la selección de las mejores tecnologías disponibles

CE 30 - Aplicar metodologías de diseño, simulación y análisis de los componentes y sistemas de energías renovables: solares, eólicos, hidráulicos, de biomasa, de energías marinas y otras energías renovables; para contribuir a su desarrollo tecnológico y a su competitividad con otras tecnologías energéticas

CE 31 - Aplicar metodologías de análisis, diseño, simulación y control, así como proponer y desarrollar sistemas de conversión y almacenamiento de energía para suministrar la energía generada a la red eléctrica en las condiciones técnicas y legales requeridas.

CE 33 - Analizar las técnicas de control y prevención así como los equipos dentro de la normativa de seguridad industrial en procesos e instalaciones de energías renovables

CG 11. - Creatividad.

CG 5 - Comprender el impacto de la Ingeniería Energética en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG 6. - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan), de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG 7 - Poseer habilidades de aprendizaje que le permitan continuar estudiando, de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, para su adecuado desarrollo profesional o como investigador

Resultados de Aprendizaje

RA171 - Utilizar criterios de eficiencia energética y tecnología disponible para mejorar los sistemas solares térmicos de baja temperatura y los sistemas fotovoltaicos

RA169 - Conocer los principales ámbitos de aplicación de la energía solar térmica de baja temperatura y de la energía solar fotovoltaica (doméstico-residencial, agrícola, industrial) y la normativa correspondiente.

RA170 - Ser capaz de evaluar y diseñar instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura e instalaciones fotovoltaicas.

RA172 - Conocer la situación actual y perspectivas de futuro del mercado solar

RA166 - Realizar el análisis energético de captadores solares y módulos fotovoltaicos

RA167 - Conocer las características principales de la radiación solar (distribución espectral, variación diaria y anual, mapas de radiación, etc.) y el análisis y tratamiento de datos de radiación solar

RA165 - Conocer las tecnologías y el funcionamiento de los componentes y subsistemas sistemas solares térmicos de baja temperatura y fotovoltaicos

RA168 - Saber aplicar las herramientas específicas de cálculo y simulación para instalaciones térmicas de baja temperatura e instalaciones fotovoltaicas.

Profesorado

Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
García De María, Juan Mario (Coordinador/a)	A-325 (ETSIDI)	juanmario.garcia@upm.es	
Amador Guerra, Julio	A-130 (ETSIDI)	julio.amador@upm.es	
Carrero Lopez, Carmelo	A-254 (ETSIDI)	carmelo.carrero@upm.es	
Camarasa Rius, Marina	A-325 (ETSIDI)	marina.camarasa@upm.es	
Davila Gomez, Luis	C-304 (ETSIDI)	luis.davila@upm.es	

Nota.- Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

Descripción de la Asignatura

El objetivo principal de la asignatura es proporcionar la formación necesaria relacionada con el aprovechamiento del recurso solar, su utilización a baja temperatura en el caso de captación térmica, su conversión en electricidad en el caso de captación fotovoltaica, el diseño de los diferentes tipos de sistemas asociados y la normativa legal aplicable en cada caso. Además de la caracterización de la radiación solar y estimación del recurso solar disponible en una ubicación determinada, en la asignatura se estudian las tecnologías, componentes y sistemas necesarios para el aprovechamiento de la energía solar tanto desde el punto de vista térmico como fotovoltaico. Se proporcionan los métodos necesarios para el diseño, dimensionado, cálculo y ejecución de las instalaciones correspondientes, en el contexto regulatorio y normativo español

Temario

1. Radiación solar
 - 1.1. Conceptos generales
 - 1.2. Curvas de trayectorias solares
 - 1.3. Componentes de la radiación solar
 - 1.4. Radiación solar sobre superficies inclinadas
 - 1.5. Evaluación del recurso solar
2. Generación fotovoltaica
 - 2.1. Componentes de un sistema fotovoltaico
 - 2.2. Células fotovoltaicas
 - 2.3. Módulos fotovoltaicos
 - 2.4. Asociaciones de módulos fotovoltaicos
3. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFVA)
 - 3.1. 3.1. Introducción
 - 3.2. Configuraciones
 - 3.3. Acumuladores
 - 3.4. Regulación y control de la potencia
 - 3.5. Inversores
 - 3.6. Dimensionado

4. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFVR)
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Inversores para conexión a red
 - 4.3. Asociación de módulos fotovoltaicos e inversor
 - 4.4. Análisis energético
 - 4.5. Tipos de interconexión a red
 - 4.6. Sistemas fotovoltaicos en edificios
 - 4.7. Código Técnico de la Edificación CTE-HE5
 - 4.8. Plantas fotovoltaicas
 - 4.9. Mercado fotovoltaico
5. Energía solar térmica de baja temperatura
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Transmisión de calor en solar térmica
 - 5.3. Componentes y subsistemas de una instalación solar térmica
 - 5.4. Subsistemas de captación y acumulación
 - 5.5. Panorama de la solar térmica de baja temperatura
6. Dimensionado de instalaciones solares térmicas de baja temperatura
 - 6.1. Aplicaciones para ACS, calefacción y refrigeración
 - 6.2. Aplicaciones industriales
 - 6.3. Diseño y dimensionado de instalaciones
 - 6.4. Código Técnico de la Edificación CTE-HE4
 - 6.5. Normativa sobre instalaciones de solar térmica
 - 6.6. Simulación y análisis energético de instalaciones

Cronograma

Horas totales: 44 horas

Horas presenciales: 44 horas (37.6%)

Peso total de actividades de evaluación continua:
100%

Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	T1. Radiación Solar Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 2	T2. Generación Fotovoltaica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T1 y T2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
Semana 3	T3. SFV Autónomos Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. EST de baja temperatura Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 4	T3. SFV Autónomos Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. EST de baja temperatura Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega Ejerc T1 y T2 Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 5	T3. SFV Autónomos Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas T5. EST de baja temperatura Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 6	T3. SFV Autónomos Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. EST de baja temperatura Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 7	T3. SFV Autónomos Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. EST de baja temperatura Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

Semana 8	<p>T3. SFV Autónomos Duración: 00:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Control SFVA Duración: 01:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 9		<p>Sistemas fotovoltaicos Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 10	<p>T4. SFV conectados a red Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Entrega Ejerc T5 y T6 Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 11	<p>T4. SFV conectados a red Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 12	<p>T4. SFV conectados a red Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 13	<p>T4. SFV conectados a red Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 14	<p>T4. SFV conectados a red Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>T6. Dimensionado Instalaciones EST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

Semana 15				<p>Trab Dim. SFVR Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p> <p>Trab Dim. Inst. EST Duración: 00:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 16				
Semana 17				<p>Examen final Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p> <p>Examen Final Duración: 03:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial</p>

Nota.- El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

Nota 2.- Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Entrega Ejerc T1 y T2	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	12%		CG 6., CE 30, CG 11., CE 31, CG 7
8	Control SFVA	01:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	12%		CG 6., CE 30, CE 31, CE 29, CG 11., CE 27, CG 5
10	Entrega Ejerc T5 y T6	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	12%		CG 11., CE 27, CE 30, CE 31, CG 7, CE 28
15	Trab Dim. SFVR	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	12%		CE 27, CG 6., CE 30, CE 31, CE 33, CE 29, CG 7, CG 5, CE 28
15	Trab Dim. Inst. EST	00:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	12%		CG 11., CE 27, CG 6., CE 30, CE 31, CE 29, CG 7, CG 5, CE 28
17	Examen final	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	40%	3 / 10	CG 11., CE 27, CG 6., CE 31, CE 33, CE 29, CG 7, CE 28
17	Examen Final	03:30	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CG 11., CE 27, CG 6., CE 30, CE 31, CE 33, CE 29, CG 7, CG 5, CE 28

Criterios de Evaluación

Evaluación continua

La opción de evaluación continua para la asignatura de Energía Solar Térmica y Fotovoltaica comprende tanto el control del aprendizaje a lo largo curso como un examen al finalizarlo que abarcará todos los contenidos del programa.

A lo largo del curso los alumnos entregarán una serie de trabajos y tareas que consisten en la resolución de ejercicios o casos prácticos de dimensionado de sistemas que se les plantean. Siempre que el tamaño del grupo lo permita, los trabajos son individuales. Se contempla además un control parcial, al finalizar el tema de sistemas fotovoltaicos autónomos.

La evaluación continua no es liberatoria de materia del programa y todos los alumnos deben realizar además un examen final. Éste consta de dos partes: una teórica con un peso del 40% y otra práctica con ejercicios o problemas numéricos, de nivel semejante a los realizados en clase, con un peso del 60%. Los porcentajes y estructura del examen son revisables y pueden variar en función de la experiencia de cursos precedentes.

El conjunto de tareas, trabajos, ejercicios y controles parciales realizados durante el curso tienen un peso conjunto del 60% en la nota final, mientras que el examen final tiene un peso del 40%. La calificación final de la asignatura se obtiene aplicando la ecuación:

Nota asignatura = 0,6x Nota de trabajos y tareas + 0,4x Nota Examen

Tanto la calificación media de las tareas y controles parciales como del examen son sobre 10 puntos y, por tanto, para superar la asignatura se debe obtener una nota final mayor o igual a cinco puntos. No obstante, para poder aplicar la fórmula anterior se debe obtener una calificación mínima de 3 puntos sobre 10 en el examen de la asignatura. Si la calificación del examen es

inferior a 3 puntos, la calificación final de la asignatura es "Suspenso".

Convocatoria extraordinaria y opción de "sólo prueba final"

Para la evaluación correspondiente a la convocatoria extraordinaria de la asignatura (Convocatoria de Julio) y para los alumnos que eligen la modalidad de "sólo prueba final" en la convocatoria ordinaria, se realizará un examen teórico-práctico, que comprenderá preguntas de teoría y problemas o la resolución de un caso práctico de dimensionado, de forma que se abarquen todos los contenidos esenciales de la asignatura. Los alumnos deberán haber asistido a la sesión de prácticas con módulos fotovoltaicos en la fecha programada. La calificación del examen será sobre 10 puntos y será necesario obtener un mínimo de 5 puntos para aprobar la asignatura.

Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Ursula Eiker	Bibliografía	Solar Technologies for Buildings, Ed. Wiley&Sons, 2001.
Antonio Luque y Steven Hegedus	Bibliografía	Handbook of photovoltaic science and engineering. Ed. Wiley&Sons, 2003.
CIEMAT	Bibliografía	Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica. Serie ponencias. CIEMAT, Madrid, 2008
Pilar Pereda	Bibliografía	Proyecto y Cálculo de Instalaciones Solares. Guía de Asistencia Técnica 17, Ed. Fundación Cultural COAM, 2006.
John A. Duffie, William A. Beckman	Bibliografía	Solar Engineering of Thermal Processes. Ed. John Wiley & Sons, 2013.
Felix A. Peuser, Karl Heinz Remmers, Martin Schauss	Bibliografía	Sistemas solares térmicos: diseño e instalación, Ed. PROGENSA, 2005.
Alfonso Aranda y Abel Ortego (coordinadores)	Bibliografía	Integración de energías renovables en edificios. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011.
Código Técnico de la Edificación	Bibliografía	Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básicos DB HE-4 y DB HE-5, 2013.
Laboratorio y Instalación de Fotovoltaica ETSIDI	Equipamiento	
Aula de Informática y SW de Diseño y análisis de sistemas solares	Equipamiento	
Asignatura en plataforma Moodle	Recursos web	https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)	Recursos web	http://www.idae.es/
Portal de la Energías Renovables (CIEMAT)	Recursos web	http://www.energiasrenovables.ciemat.es/index.php?pid=1000