




Universidad
Politécnica
de Cartagena



Guía docente de la asignatura

Energía Solar Térmica

Titulación: Máster Universitario en Energías Renovables

CSV:	xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Fecha:	29/01/2019 23:30:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Página:	1/14	

Guía Docente

1. Datos de la asignatura

Nombre	Energía Solar Térmica				
Materia*	Ingeniería Energética (Energy Engineering)				
Módulo*	Asignaturas Fundamentales				
Código	211401003				
Titulación	Máster Universitario en Energías Renovables				
Plan de estudios	2009				
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Cuatrimstral	Cuatrimestre	C2	Curso	1º
Idioma	Castellano				
ECTS	6	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	180

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Francisco Javier Sánchez Velasco		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos		
Ubicación del despacho	3ª Planta Edificio ETSII Hospital de Marina. Despacho 3023		
Teléfono	968 325306	Fax	968 325999
Correo electrónico	Fjavier.sanchez@upct.es		
URL / WEB	Aula Virtual UPCT y www.upct.es/~ditf/mste/		
Horario de atención / Tutorías	Indicado en web/puerta del despacho en el Dpto.		
Ubicación durante las tutorías	Indicado en la web/puerta del despacho en el Dpto.		

Perfil Docente e investigador	Ingeniero Industrial. Profesor Ayudante Doctor. profesionalmente con las distintas tecnologías para el aprovechamiento de las energías alternativas, las pilas de combustible y las técnicas de eficiencia energética
Experiencia docente	10 años de experiencia docente universitaria en las áreas de máquinas y motores térmicos y mecánica de fluidos.
Líneas de Investigación	Seguridad nuclear, combustión de propulsantes, refrigeración
Experiencia profesional	7 años de experiencia profesional en el ámbito de la energía y en centros de investigación.
Otros temas de interés	Aerodinámica experimental

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción de la asignatura

La asignatura “Energía Solar Térmica” es una asignatura de las denominadas fundamentales que se imparte en el Máster Universitario en Energías Renovables. El perfil de los alumnos a los que va dirigida esta asignatura es para alumnos que ya sean titulados y/o licenciados o bien hayan obtenido un grado de ingeniería y quieran tener un conocimiento profundo del aprovechamiento térmico de la Energía Solar tanto para la generación de energía Térmica como Eléctrica.

El objetivo de esta asignatura es obtener la formación necesaria relacionada con el aprovechamiento del recurso solar, su utilización desde el punto de vista térmico, su conversión en electricidad en el caso de alta temperatura, los tipos de instalaciones asociadas y la normativa que llevan consigo. Los alumnos tras cursar la asignatura deben ser capaces de aplicar los conocimientos adquiridos para la realización de proyectos de aprovechamiento térmico de la energía solar y de esta forma afrontar y saber utilizar las competencias adquiridas por esta asignatura y en general por el máster de EERR.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura se permite caracterizar el recurso solar a través de la profundización en transmisión de calor por radiación y su particularización a la caracterización de la energía proveniente del sol. Se centra en conocer las tecnologías existentes para el aprovechamiento térmico de la energía solar en el contexto de la normativa actual. En la asignatura se cuantifican las ventajas e inconvenientes de este tipo de energía renovable y se centra en conocer los sistemas de aprovechamiento energético térmico de la Energía Solar para la generación de agua caliente sanitaria, calefacción y de fluidos de alta entalpía susceptibles de ser utilizados en la generación de electricidad.

Teniendo en cuenta lo anterior y la calidad de la radiación solar que llega a nuestro país se considera esta asignatura totalmente necesaria para una formación integral del Ingeniero actual, y puede considerarse como una materia imprescindible dentro de un perfil de ingeniero dedicado a las energías renovables.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura, debido a su contenido transversal, está relacionada con la asignatura de Energía Solar Fotovoltaica en lo que se refiere al aprovechamiento del recurso solar. Tiene relación también con la asignatura de carácter introductorio “Energía y Desarrollo Sostenible”. Muchos de los conceptos de la sostenibilidad en el uso y captación de energía adquiridos allí se ven complementados y desarrollados en Energía Solar Térmica para que los alumnos sean capaces de realizar proyectos detallados relacionados con el aprovechamiento de este tipo de energía.

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

No existen.


3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Para el correcto desarrollo de la asignatura es recomendable que los alumnos tengan conocimientos en las siguientes materias:

- Termodinámica aplicada, Tecnología Térmica y Transmisión de Calor
- Máquinas y Motores Térmicos, Ciclos de funcionamiento de máquinas térmicas, Turbina de Vapor, Turbina de Gas, Ciclo Combinado, Motores de Combustión Interna Alternativos.
- Tecnología Energética. Flujos de energía, caracterización energética de equipos.

3.6. Medidas especiales previstas

Debido a la diversidad de los alumnos, diversidad desde el punto de vista de los conocimientos/formación se intentará homogeneizar los conocimientos básicos para el correcto afronte de las competencias buscadas por esta asignatura número de casos especiales que se pueden hacer sesiones de tutorías grupales y sesiones de aula espaciales. En el caso de alumnos con discapacidades, éstos deberán ponerse en contacto con el profesor para ofrecer las facilidades oportunas según el tipo de discapacidad. En el caso de alumnos extranjeros, se ofrecerán tutorías en idioma inglés y la evaluación final será igualmente en idioma inglés. Parte de la bibliografía de la asignatura está en inglés.

CSV:	xwG6FrtzoOA6hdrp9ZNIKwwcJ	Fecha:	29/01/2019 23:30:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/xwG6FrtzoOA6hdrp9ZNIKwwcJ	Página:	5/14	

4. Competencias

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

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

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

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

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

CB16 - Ser capaces de fomentar, en contextos profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento

CB17 - Ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.

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

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

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

Además, con la realización de esta asignatura el estudiante adquirirá las siguientes competencias:

- C1. Tener una aproximación a los conceptos fundamentales de la energía solar térmica.
- C2. Conocer la radiación solar. Calcular la irradiancia en un determinado lugar geográfico y las condiciones estándar.
- C3. Ser capaz de diseñar una instalación de energía solar térmica sencilla.

C4. Conocer algunos de los modelos de los distintos componentes que se encuentran en los sistemas de refrigeración por compresión y absorción incluyendo la utilización de energía solar como sistema de apoyo para la generación de frío.

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

T2 - Trabajar en equipo

T4 - Utilizar con solvencia los recursos de información

4.5. Resultados** del aprendizaje

El objetivo de esta asignatura es obtener la formación necesaria relacionada con aprovechamiento térmico de la energía solar. Podemos enumerar los objetivos específicos como los siguientes:

1. Aplicar la transmisión de calor por radiación y la geometría solar a la caracterización del recurso solar.
2. Cuantificar técnica y económicamente las ventajas e inconvenientes de este tipo de energía renovable.
3. Conocer los sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar; es decir, los tipos de instalaciones de baja, media y alta temperatura.
4. Evaluar y aplicar las distintas metodologías existentes para estimar la superficie de colectores solares.
5. Comprender y aplicar la normativa existente para el diseño de instalaciones solares térmicas.

**** Véase también la Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje, de ANECA:**

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

La asignatura se divide en dos Unidades Didácticas, la primera es introductoria, abunda en la transmisión de calor por radiación particularizada a la radiación solar, se plantea la evaluación del recurso solar y analiza los sistemas de generación de frío ligándolos con el caso particular en que éstos son asistidos por EERR. El segundo bloque se centra en los sistemas de captación y en su aplicación para la generación de energía térmica y eléctrica en el caso de los de concentración.

5.2. Programa de teoría

UD 1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Geometría solar y radiación solar.

UD 2.- INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

2.1 Energía solar térmica de baja temperatura. El colector plano.

2.2 Instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

2.3 Cálculo y diseño de instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

2.4 Normativa aplicable a las instalaciones solares térmicas de baja temperatura.

2.5 Energía solar térmica de media y alta temperatura.

CSV:	xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Fecha:	29/01/2019 23:30:10
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.		
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E		
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Página:	7/14



5.3. Programa de prácticas

1. Estudio de la inclinación óptima de un sistema.
2. Dimensionado de una instalación solar térmica mediante método simplificado basado en el rendimiento del colector.
3. Cálculo de Cargas Térmicas mediante software comercial.
4. Dimensionado de una Instalación solar térmica mediante el método del f-Chart.
5. Visita a una instalación solar.
6. Diseño de la instalación hidráulica.
7. Dimensionado de Instalaciones Solares con el programa TRANSOL. Introducción a TRNSYS y a la simulación de instalaciones solares térmicas con este programa.
8. Cálculo experimental del rendimiento de un colector solar en banco de ensayos de captadores solares. Instrumentación y medida.
9. Desarrollo de un proyecto de instalación solar térmica.

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

UD 1.- INTRODUCTION

- 1.1 Solar Geometry and Solar Radiation

UD 2.- INSTALLATIONS FOR THE EXPLOITATION OF SOLAR THERMAL ENERGY

- 2.1 Low-temperature Solar Thermal Energy. The Flat-plate Collector.
- 2.2 Low-temperature Solar Thermal Installations.
- 2.3 Design and Calculation of Low-temperature Solar Thermal Installations.
- 2.4 Applicable Regulations to Low-temperature Solar Thermal Installations.
- 2.5 Mid- and High-temperature Solar Thermal Installations.

5.5. Objetivos de aprendizaje detallados por unidades didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en dos Unidades Didácticas (UD).


UD 1.- INTRODUCCIÓN

1. Aplicar la transmisión de calor por radiación y la geometría solar a la caracterización del recurso solar.

UD 2. INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



2. Cuantificar técnica y económicamente las ventajas e inconvenientes de este tipo de energía renovable.
3. Conocer los sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar; es decir, los tipos de instalaciones de baja, media y alta temperatura.
4. Evaluar y aplicar las distintas metodologías existentes para estimar la superficie de colectores solares.
5. Comprender y aplicar la normativa existente para el diseño de instalaciones solares térmicas.

CSV:	xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Fecha:	29/01/2019 23:30:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/xwG6FrtzoOA6hdp9ZNIKwwcJ	Página:	9/14	

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente

Actividad	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas (ECTS)
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo informal de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes y revisión con el compañero. Planteamiento de dudas individualmente o por parejas.	25 (0,83)
	Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	30 (1)
Clase de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	Las sesiones prácticas de laboratorio son fundamentales para acercar el entorno de trabajo industrial al alumno y permiten enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de cálculo y simulación profesionales.	<u>Presencial</u> : Manejo de instrumentación. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita con la presentación de informes de prácticas por los alumnos con apoyo del profesor	35 (1,17)
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios de calidad establecidos	24 (0,8)
Realización de exámenes oficiales	Se realizarán una prueba escrita de tipo individual. Esta prueba permite comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	<u>Presencial</u> : Asistencia a la prueba escrita y realización de ésta	3 (0,1)
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	3 (0,1)
Realización de trabajo final en grupo y presentación oral	Se realizará un proyecto de instalación en equipo durante el curso. Los alumnos deberán realizar un informe técnico en base a criterios de calidad establecidos y hacer una presentación visual de los resultados más significativos.	<u>Presencial</u> : Planteamiento del trabajo y tutorías de control y orientación por grupos.	30 (1)
		Exposición oral <u>No presencial</u> : Búsqueda y síntesis de información. Trabajo en grupo. Elaboración del informe técnico y preparación de la presentación del trabajo	30 (1)
			180 (6)

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita individual	X		Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Cuestiones teóricas simples o acompañadas de una aplicación numérica de corta extensión. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos.	50%	1, 2, 4, 5
Prácticas en aula de informática	X		Laboratorio: Se realizarán exposiciones orales al inicio de las sesiones prácticas de laboratorio sobre el trabajo a realizar y los objetivos. Informes trabajos de investigación: Se realizará un informe del trabajo realizado y se completará posteriormente de forma individual	20%	La totalidad de las competencias
Trabajo final en grupo y exposición oral	X		Se propondrá un trabajo técnico y/o investigación para realizar en de forma individual. Se deberá redactar un informe técnico y presentar los aspectos más relevantes del trabajo mediante una presentación y/o explicación oral.	30%	La totalidad de las competencias

7.1. Técnicas de evaluación

Instrumentos	Realización / criterios	Ponderación	Objetivos de aprendizaje (4.4) evaluados
Prueba escrita individual	Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Cuestiones teóricas simples o acompañadas de una aplicación numérica de corta extensión. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos.	50 %	T1.1,
Prácticas en aula de informática	Laboratorio: Se realizarán exposiciones orales al inicio de las sesiones prácticas de laboratorio sobre el trabajo a realizar y los objetivos. Informes trabajos de investigación: Se realizará un informe del trabajo realizado y se completará posteriormente de forma individual	20%	La totalidad de los objetivos
Trabajo final en grupo y exposición oral	Se propondrá un trabajo técnico y/o investigación para realizar en de forma individual. Se deberá redactar un informe técnico y presentar los aspectos más relevantes del trabajo mediante una presentación y/o explicación oral.	30%	La totalidad de los objetivos
(1) Deberán cumplir con las rúbricas/criterios de calidad previamente establecidos (2) Propuesta y seguimiento mediante la plataforma Moodle (Aula Virtual) o correo-e.			

Para aprobar las prácticas es obligatoria la asistencia a al menos 6 prácticas. Además, se deben entregar los trabajos de todas las prácticas y aprobar las mismas con calificación mínima de 5. También se debe aprobar el trabajo final y el examen obteniendo una calificación superior o igual a 5 en todos los casos (en base 10).

Los trabajos de las prácticas se entregarán como muy tarde una semana después de la realización de la misma. La no entrega a tiempo de un trabajo sin motivo justificado implica suspender las prácticas. En este caso, se le realizará al alumno un examen de prácticas en la convocatoria oficial correspondiente.

El trabajo final debe entregarse antes de las fechas fijadas en cada convocatoria por el profesor.

En las convocatorias de septiembre y febrero siempre habrá una componente de prácticas en el examen (50% nota del examen) que permitirá aprobar a aquellos que no hayan realizado los trabajos de las prácticas durante el curso. En este caso la nota final de la asignatura será: nota el examen (70%) + nota del trabajo final (30%). Si no se aprueba la parte práctica por separado, no se aprueba la asignatura. Siempre en base 10.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Cuestiones planteadas en clase y actividades de AC informal por parejas en clase de teoría y prácticas si se presenta el caso.
- Supervisión durante las sesiones de trabajo en equipo presencial de prácticas y revisión de los trabajos propuestos realizados individualmente o en equipo (no presencial).
- Entrega de partes del trabajo/proyecto a realizar de forma individual a lo largo de la asignatura.
- Tutorías.

8. Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica

- Cañada Ribera, J., Salvador García, D. *“Radiación Solar”*, SPUPV-97.665, 1997.
- Vicente Quiles P. (coordinador) et al. , *“Fundamentos de Energía Solar para ACS y climatización. Buenas prácticas”*. Edita ATECYR, ISBN 978-84-95010-54-4, 2015.
- Junta de Andalucía, *“Instalaciones Solares Térmicas, Manual para uso de instaladores, fabricantes, proyectistas, ingenieros y arquitectos, Instituciones de Enseñanza e Investigación”*, Edita SODEAN, sa, 2004.
- IDAE, *“Instalaciones de Energía Solar Térmica, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”*, 2009.
- Gas Natural, *“Manual de cálculo y diseño de instalaciones de producción de ACS en edificaciones de viviendas mediante energía solar y apoyo individual a gas natural”*, 2004.
- Gas Natural, *“Manual de cálculo y diseño de instalaciones de producción de ACS en edificaciones de viviendas mediante energía solar y apoyo individual a gas natural, Casos Prácticos”*, 2004.

8.2. Bibliografía complementaria

- IDAE, *“Energía solar Térmica, Manuales de Energías Renovables (nº 4)”*, 2006.
- Duffie JA, Beckman WA, *“Solar Engineering of Thermal Processes”*, 3rd Edition, Editorial J. Willey & Sons, USA, 2006.
- Aláiz Fernández E, *“Energía Solar Cálculo y diseño de instalaciones”*, SP-ETSII-UPM, 1981.
- Henning HM, *“Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings, A handbook for planners”*, SpringerWien New York, 2004.
- Norton B, *“Solar energy thermal technology”*, Springer-Verlag Berlin, 1991.

- J.C. McVeigh, *"Sun power, An introduction to the applications of solar energy"*, Pergamon Oxford, 1977.

8.3. Recursos en red y otros recursos

<http://www.idae.es>, , <http://www.argem.es>

Recursos disponibles en el catálogo de la Biblioteca y Biblioteca Digital de la UPCT (<http://www.bib.upct.es>)

Webs de diferentes editoriales a las que estamos suscritos:

<http://www.sciencedirect.com/science>, <http://onlinelibrary.wiley.com/> por ejemplo.