



## 66312 - Energía solar térmica

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 1, Semestre: 1, Créditos: 5.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Inmaculada Concepción Arauzo Pelet** iarauzo@unizar.es
- **José Antonio Turégano Romero** jat@unizar.es
- **María Carmen Velasco Callau** cvelasco@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para el buen seguimiento de esta asignatura, los estudiantes deben tener unos conocimientos básicos de termodinámica y transferencia de calor, así como de fundamentos de óptica básica y materiales.

Por otro lado, se entiende que todos los alumnos tienen un manejo fluido de excel y capacidad para aprender el funcionamiento de los programas informáticos que se manejen.

Parte de la documentación a consultar en la asignatura puede estar en inglés, por lo que se requiere el suficiente conocimiento de esta lengua como para entender dicha información sin dificultad.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Curso 2011/12

Comienzo de las clases: miércoles 28/09/2011

Finalización de las clases: viernes 13/01/2012

Evaluación: desde el lunes 16/01 hasta el viernes 27/01 de 2012

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Los principales objetivos de esta asignatura son:

- identificar las características de la radiación solar con repercusión en el diseño de instalaciones solares, evaluando dicha radiación y sus componentes en incidencia sobre una superficie con cualquier orientación e inclinación.
- proporcionar al estudiante un amplio conocimiento sobre las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar, con especial atención a las tecnologías activas tanto de baja como de media y alta temperatura.

**2:** Los objetivos de aprendizaje que el estudiante debe conseguir para superar esta asignatura son los siguientes:

- Analizar las características del espectro solar y el valor de la radiación en cada instante y emplazamiento.
- Calcular la energía solar incidente sobre una superficie inclinada con cualquier orientación. Identificar los diferentes valores de la radiación incidentes: global, directa, difusa y de albedo, su variación con el clima, la latitud y la altura, así como su distribución horaria.
- Entender los diagramas solares y su utilización.
- Comprender y ser capaz de evaluar las implicaciones de la concentración solar.
- Evaluar el factor de sombras que puede producirse en una agrupación de colectores o en una distribución de edificios. Caracterización de sombras y bloqueos.
- Analizar las bases de datos existentes sobre datos solares, compararlas entre si y justificar la elección de una u otra. Identificar las distintas formas de aprovechamiento energético de la energía solar: sistemas pasivos y activos de baja entalpía y activos de alta entalpía
- Conocer el rango de aplicación, las principales características, y las ventajas e inconvenientes de las distintas tecnologías solares, distinguiendo claramente entre captadores solares planos y sistemas de concentración.
- Comprender y analizar críticamente los criterios para seleccionar el tipo y modelo de colector que mejor se adapte a las condiciones climatológicas, características y peculiaridades de una instalación determinada.
- Identificar los criterios de elección en las instalaciones para obtener el esquema más adecuado para la instalación y el modo de integración más eficiente entre la energía solar y la energía convencional.
- Conocer el estado de desarrollo actual de cada tecnología, así como los principales países y empresas del sector.
- Localizar y cuantificar las pérdidas generadas a lo largo del proceso de captación y transformación de la energía solar.
- Realizar la simulación básica de una planta de generación de energía eléctrica a partir de energía solar de concentración.
- Identificar las líneas de investigación abiertas en el campo de la energía solar térmica.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La energía térmica de la radiación solar puede utilizarse para elevar la temperatura de algún fluido directa o indirectamente a través de múltiples sistemas de aprovechamiento. Un colector solar es un tipo especial de intercambiador de calor que transforma la energía radiante procedente del Sol en energía térmica.

El conocimiento de la naturaleza y comportamiento de la radiación solar es un aspecto fundamental para determinar las formas de aprovechamiento solar, por esto a primera parte de esta asignatura está dedicada al estudio y análisis de la radiación.

Además del aprovechamiento inmediato a través de sistemas pasivos, tema de trabajo en otra asignatura de este master (Arquitectura Bioclimática), existen tecnologías capaces de transformar la energía solar en energía útil. Existen diversas clasificaciones para los sistemas solares térmicos. Una clasificación común es en función de la temperatura a la que son capaces de calentar el fluido distinguiéndose así los sistemas de baja, media y alta temperatura. También es habitual la clasificación en función de la concentración solar que se lleva a cabo en los dispositivos.

De esta forma, se estudiarán en la segunda parte esta asignatura los sistemas solares de baja temperatura, los más conocidos por su extendida aplicación para obtener agua caliente sanitaria y/o calefacción y para climatización de piscinas.

Finalmente se analizarán los sistemas solares de media y alta temperatura. Bajo la denominación genérica de Sistemas Termosolares de Concentración se agrupan una serie de sistemas basados en distintas tecnologías concebidas para la conversión de la componente directa de la radiación solar en otra forma de energía, apta para su utilización inmediata o

para su almacenamiento, mediante el uso de concentradores.

Como se verá más adelante, los campos de aplicación de estas tecnologías son variados, aunque se centran en la generación de electricidad y/o de vapor de proceso. Dentro de las energías renovables, estos sistemas de concentración constituyen uno de los mayores potenciales de desarrollo y aplicación con el estado actual de la tecnología.

Por su grado de desarrollo e implantación, destacan tres tecnologías: los sistemas de colectores cilindro parabólicos, los sistemas de receptor central (o sistemas de torre), y los discos parabólicos (o paraboloides de revolución). Los primeros concentran la radiación solar en un eje (dos dimensiones) mientras que los dos últimos lo hacen en un punto (tres dimensiones), pudiendo alcanzar por ello mayores relaciones de concentración.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La energía solar es un pilar básico para cualquier aproximación seria a las energías renovables. La energía solar térmica, en particular, engloba a un amplio abanico de tecnologías cuyo conocimiento y análisis son fundamentales para adquirir una formación completa en la temática del master.

La radiación solar, tema que se aborda al principio de esta asignatura, es de vital importancia también para otras asignaturas del master relacionadas, tales como Energía Fotovoltaica y Arquitectura Bioclimática.

Si el estudiante posee unos conocimientos sólidos de termodinámica (o cursa la asignatura de Fundamentos en el periodo 0), puede seguir la asignatura sin dificultad.

Es conveniente cursar esta asignatura antes que la asignatura sobre Arquitectura Bioclimática.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

**1:**

En esta asignatura se trabajan cinco competencias específicas:

- a) Identificar los principios físicos de la radiación solar
- b) Adquirir las habilidades precisas para evaluar las distintas componentes en las distintas circunstancias de aplicación (radiación directa/difusa/global/ sobre plano horizontal/incidencia normal/diferente inclinación y diferentes orientaciones)
- c) Conocer como aplicar el conocimiento previo para la explotación de datos climáticos directamente o mediante selección y uso de los modelos adecuados en ausencia de datos explícitos y todo ello en términos de potencia o energía acumulada.
- d) Conocer los distintos sistemas de captación de la energía solar y uso térmico mediante sistemas planos o de concentración para obtención de bajas y altas entalpías.
- e) Calcular y conocer la optimización de instalaciones básica

#### Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

La energía solar térmica, en todas sus aplicaciones, presenta interés creciente en diversos ámbitos y unas claras

indicaciones de extensión importantes en los próximos años.

Los conocimientos adquiridos en esta asignatura proporcionan al estudiante una base sólida para profundizar en cualquier aspecto relacionado con la energía solar térmica, tanto desde la perspectiva de trabajos de investigación, como para iniciar su trayectoria profesional en la industria de las energías renovables

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** Cuestionarios (test y/o preguntas cortas) parciales al finalizar cada bloque de la asignatura: radiación solar, solar térmica de baja temperatura y solar térmica de concentración. En total, estas pruebas representarán el 40% de la nota final de la asignatura. Es imprescindible aprobar cada una de ellas por separado.
- 2:** Elaboración de un trabajo de asignatura tutorizado, profundizando en algún aspecto específico de los tratados en el temario (2/3 de la nota en este apartado). Presentación del trabajo final de asignatura y participación activa en el debate posterior que se genere (1/3 de la nota en este apartado). En total supodrá un 25 % de la nota final de la asignatura.
- 3:** Realización de las actividades prácticas que se propongan a lo largo de la asignatura (35% de la nota final de la asignatura). Como mínimo, se llevarán a cabo dos prácticas: 1) Dimensionado básico de un sistema de energía solar térmica de baja temperatura; 2) Análisis de un sistema solar termoeléctrico mediante su simulación básica en EES, o alternativamente en Termograf
- 4:** En caso de que el estudiante no realice las actividades anteriormente indicadas, puede presentarse a un examen final en el que se le propondrán preguntas de las distintas partes del curso, incluidas las prácticas. En ningún caso se aceptarán trabajos y prácticas finalizado el plazo de entrega establecido.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

A lo largo de la asignatura se irán intercalando distintos tipos de sesiones de trabajo. Fundamentalmente, sesiones de teoría, sesiones de prácticas y sesiones de presentación de trabajos de asignatura.

Clases de teoría: se realizan en el aula y en ellas se explican los conceptos básicos a través de las herramientas habituales (pizarra, presentaciones power point, animaciones multimedia, vídeos explicativos, esquemas...)

Clases de práctica: estas sesiones se realizan en aulas de informática o en laboratorio. En ellas se ponen en práctica los conocimientos adquiridos en clase a través de ejercicios completos con explicaciones paso a paso de los razonamientos seguidos.

En las sesiones de presentación de trabajos los estudiantes explicarán su trabajo final comenzando por su su motivación para trabajar un determinado tema. Es un trabajo de inicio a la investigación y, como tal, se espera claridad y rigurosidad en su elaboración y defensa.

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:
- Clases magistrales
  - Sesiones prácticas

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Energía solar térmica 2.09							
AULA A	Lunes, 9 Nov	Martes	Miércoles, 11 Nov			Lunes, 11 En	Miércoles, 13 En
15-16	Presentación curso		Contexto 2: La situación probable		15-16	Tres primeras presentaciones de trabajos	4, 5 y 6ª presentaciones de trabajos
16-17	Contexto 1: Crecimiento y crisis				16-17		
	Lunes, 16 Nov		Miércoles, 18 Nov			Lunes, 18 En	Miércoles, 20 En
15-17	Geometría radiación: Binomio T-S		Física de la radiación		15-16	7, 8 y 9ª presentaciones de trabajos	10, 11 y 12ª presentaciones de trabajos
			Ejercicios		16-17		
	Lunes, 23 Nov		Miércoles, 25 Nov			Lunes, 25 En	Miércoles, 27 En
15-16	Completar tema radiación, diagramas		Usos térmicos de la ES		15-16	Física de los colectores térmicos	Tipología de instalaciones
16-17	Ejercicios diagramas				16-17		
	Lunes, 30 Nov		Miércoles, 2 Dic			Lunes, 1 Febr	Miércoles, 3 Febr
15-16	Datos y modelos de radiación		Ejercicios y revisión de conceptos		15-16	Normativas y problemas	Concentradores y sistemas de refrigeración por absorción
16-17	Ejercicios sombras				16-17		
	Lunes, 7 Dic		Miércoles, 9 Dic			Lunes, 8 Febr	Miércoles, 10 Febr
15-16			Evaluación continua formativa en sala de ordenadores		15-16	Prácticas de optimización en sala de ordenadores	Prácticas de optimización en sala de ordenadores Evaluación formativa
16-17					16-17		
	Lunes, 21 Dic		Miércoles, 23 Dic			Lunes, 15 En	Miércoles, 17 En
15-16	Centrales solares y homós		Evaluación continua formativa con discusión y revisión		15-16	13, 14 y 15ª presentaciones de trabajos	16, 17 y 18ª presentaciones de trabajos
16-17					16-17		

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada