



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001052 - Energia Solar Termica y Fotovoltaica**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AX - Master Universitario En Ingenieria De La Energia

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001052 - Energia Solar Termica y Fotovoltaica
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05AX - Master Universitario En Ingenieria De La Energia
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Juan Mario Garcia De Maria (Coordinador/a)	A-325 (ETSIDI)	juanmario.garcia@upm.es	Sin horario. Ver tutorías de profesorado en <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</a>
Julio Amador Guerra	A-130 (ETSIDI)	julio.amador@upm.es	Sin horario. Ver tutorías de profesorado en <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</a>

Carmelo Carrero Lopez	A-254 (ETSIDI)	carmelo.carrero@upm.es	Sin horario. Ver tutorías de profesorado en <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</a>
Marina Camarasa Rius	A-325 (ETSIDI)	marina.camarasa@upm.es	Sin horario. Ver tutorías de profesorado en <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</a>
Luis Davila Gomez	C-304 (ETSIDI)	luis.davila@upm.es	Sin horario. Ver tutorías de profesorado en <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</a>

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Tecnología Eléctrica Y Redes

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Tecnología eléctrica
- Transferencia de calor y de materia

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. 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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

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

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

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.

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.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. 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

## 5.2. Temario de la asignatura

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



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>T1. Radiación Solar</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>T2. Generación Fotovoltaica</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>T1 y T2</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. EST de baja temperatura</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega Ejerc T1 y T2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00
5	<b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>T5. EST de baja temperatura</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. EST de baja temperatura</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. EST de baja temperatura</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	<b>T3. SFV Autónomos</b> Duración: 00:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Control SFVA</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30

9		<b>Sistemas fotovoltaicos</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10	<b>T4. SFV conectados a red</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega Ejerc T5 y T6</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00
11	<b>T4. SFV conectados a red</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>T4. SFV conectados a red</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>T4. SFV conectados a red</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>T4. SFV conectados a red</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>T6. Dimensionado Instalaciones EST</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				<b>Trab Dim. SFVR</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00  <b>Trab Dim. Inst. EST</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00
16				
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00  <b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:30

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al

trabajo personal.

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Entrega Ejerc T1 y T2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG 11. CG 6. CE 30 CE 31 CG 7
8	Control SFVA	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	12%	/ 10	CG 11. CE 27 CG 6. CE 30 CE 31 CE 29 CG 5
10	Entrega Ejerc T5 y T6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG 11. CE 27 CE 30 CE 31 CG 7 CE 28
15	Trab Dim. SFVR	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CE 27 CG 6. CE 30 CE 31 CE 33 CE 29 CG 7 CG 5 CE 28
15	Trab Dim. Inst. EST	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	/ 10	CG 11. CE 27 CG 6. CE 30 CE 31 CE 29 CG 7 CG 5 CE 28

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	3 / 10	CG 11. CE 27 CG 6. CE 31 CE 33 CE 29 CG 7 CE 28
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	100%	5 / 10	CG 11. CE 27 CG 6. CE 30 CE 31 CE 33 CE 29 CG 7 CG 5 CE 28

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen convocatoria extraordinaria	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	100%	5 / 10	CG 11. CE 27 CG 6. CE 30 CE 31 CE 33 CE 29 CG 7 CG 5 CE 28

## 7.2. 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 aproximado del 40% y otra práctica con ejercicios o problemas numéricos, de nivel semejante a los realizados en clase, con un peso aproximado 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:

$$\text{Nota asignatura} = 0,6x \text{ Nota de trabajos y tareas} + 0,4x \text{ Nota Examen}$$

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.

Las fechas y procedimiento para renunciar a la modalidad de evaluación continua serán los señalados por la Jefatura de estudios con carácter general.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	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	<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/</a>
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)	Recursos web	<a href="http://www.idae.es/">http://www.idae.es/</a>
Portal de la Energías Renovables (CIEMAT)	Recursos web	<a href="http://www.energiasrenovables.ciemat.es/index.php?pid=1000">http://www.energiasrenovables.ciemat.es/index.php?pid=1000</a>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Además de promover de forma genérica, como parte de una institución pública de enseñanza, una "Educación de Calidad" (ODS4), los contenidos y fin último de la asignatura entroncan directamente con el ODS7 "Energía asequible y no contaminante".