

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Energía solar termica de alta temperatura

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la Asignatura</b>             | Energía solar termica de alta temperatura               |
| <b>Titulación</b>                          | 05AX - Master Universitario en Ingeniería de la Energía |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | E.T.S. de Ingenieros Industriales                       |
| <b>Semestre/s de impartición</b>           | Segundo semestre  |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa  |
| <b>Código UPM</b>                          | 53001051  |
| <b>Nombre en inglés</b>                    | High Temperature Solar Thermal Energy                   |

## Datos Generales

|                              |            |                                     |               |
|------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------|
| <b>Créditos</b>              | 3          | <b>Curso</b>                        | 1             |
| <b>Curso Académico</b>       | 2015-16    | <b>Período de impartición</b>       | Febrero-Junio |
| <b>Idioma de impartición</b> | Castellano | <b>Otros idiomas de impartición</b> |               |

## Requisitos Previos Obligatorios

### Asignaturas Superadas

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

Diseño avanzado de sistemas de energía solar

Energía solar termica y fotovoltaica

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Capacidad de comprensión de los fundamentos de la ingeniería térmica y de fluidos

Capacidad para la identificación y tratamiento de fenómenos de transferencia térmica

Conocimiento de balances energéticos de sistemas solares térmicos básicos.

Capacidad para el diseño de circuitos de fluidos.



## Competencias

---

- CE 26 - Evaluar el potencial energético de las fuentes de energía renovable: radiación solar, recurso eólico, recurso hidráulico, potencial energético de la biomasa, recurso energético marino, etc.; a partir de las bases de datos meteorológicas
- 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
- CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la Ingeniería Energética.
- CG 10 - Organización, planificación y gestión en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos avanzados y equipos humanos.
- CG 11. - Creatividad.
- CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales avanzadas
- CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos multidisciplinares de la Ingeniería Energética.
- CG 4 - Ser 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.
- 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
- CG 8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.
- CG 9. - Capacidad de trabajar en un contexto internacional (entorno bilingüe inglés-castellano).

## Resultados de Aprendizaje

---

- RA65 - Aplicar conocimientos para trabajar profesionalmente en las empresas del sector de la generación de energía eléctrica por vía solar termoelectrica
- RA67 - Proponer soluciones innovadoras al desarrollo de la energía solar térmica de alta temperatura
- RA66 - Resolver problemas multidisciplinares en el entorno de las energías renovables.

RA68 - Contribuir al desarrollo e innovación tecnológicos en sistemas para el aprovechamiento de energía solar.

RA64 - Dirigir proyectos de diseño y montaje de grandes plantas solares termoeléctricas

RA63 - Integrar conocimientos multidisciplinarios para la toma de decisiones sobre componentes y sistemas de energía solar de alta temperatura

## Profesorado

---

### Profesorado

| Nombre  | Despacho | e-mail                    | Tutorías   |
|---|----------|---------------------------|--|
| Abanades Velasco, Alberto<br><b>(Coordinador/a)</b> | Despacho | alberto.abanades@upm.es   | Se realizan tutorías a cualquier hora a petición |
| Muñoz Anton, Javier                                 | Despacho | javier.munoz.anton@upm.es | Tutoría a cualquier hora a petición              |

**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

---

La asignatura tiene como objetivo asimilar la tecnología aplicada para la utilización de energía solar térmica de media y alta temperatura, tanto para la generación de electricidad como para otros procesos industriales, como la generación de hidrógeno o la desalación de agua de mar. Se hace un repaso a las principales tecnologías existentes de campo solar, de sistemas de almacenamiento y gestión de energía de origen solar, así como de cualquier otro aspecto de interés en tecnología solar de alta temperatura. El alumno deberá estar familiarizado con las diversas opciones tecnológicas y la situación del mercado relacionados con esta tecnología para su aplicación y desarrollo en entornos tecnológicos y empresariales del sector de la energía solar.

## Temario

---

1. Introducción a la Ingeniería Solar Térmica de Alta Temperatura
2. Balance termo-energético de sistema solares de alta temperatura
3. Ingeniería de centrales solares termoeléctricas
4. Diseño de campo solar
5. Almacenamiento de energía térmica
6. Diseño de bloque de potencia en centrales termosolares
7. Instrumentación y control en centrales termosolares
8. Análisis técnico-económico de centrales termosolares
9. Generación de Hidrógeno mediante energía solar térmica
10. Desalación solar.

## Cronograma

**Horas totales:** 35 horas

**Horas presenciales:** 35 horas (44.9%)

**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 | <p><b>Introducción a la Ingeniería Solar Térmica de Alta Temperatura</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |                                     |                           |                        |
| Semana 2 | <p><b>Balance termo-energético de sistema solares de alta temperatura</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |                           |                        |
| Semana 3 | <p><b>Balance termo-energético de sistema solares de alta temperatura</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Ingeniería de centrales solares termoeléctricas</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |                                     |                           |                        |
| Semana 4 | <p><b>Ingeniería de centrales solares termoeléctricas</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |                           |                        |
| Semana 5 | <p><b>Ingeniería de centrales solares termoeléctricas</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Diseño de campo solar</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |                           |                        |
| Semana 6 | <p><b>Diseño de campo solar</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Almacenamiento de energía térmica</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |                           |                        |



|           |  |  |  |   |
|-----------|--|--|--|---|
| Semana 7  | <p><b>Almacenamiento de energía térmica</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de bloque de potencia en centrales termosolares</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |  |  |   |
| Semana 8  | <p><b>Avance de trabajos de de grupos. Seguimiento intermedio.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>  |  |  | <p><b>Evaluación avance preliminar.</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>                       |
| Semana 9  | <p><b>Avance de trabajos de grupos. Seguimiento intermedio</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>  |  |  |   |
| Semana 10 | <p><b>Instrumentación y control en centrales termosolares.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |   |
| Semana 11 | <p><b>Análisis técnico-económico de centrales termosolares</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |   |
| Semana 12 | <p><b>Generación de Hidrógeno mediante energía solar térmica</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |   |
| Semana 13 | <p><b>Generación de Hidrógeno mediante energía solar térmica</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |   |
| Semana 14 | <p><b>Desalación solar.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |  |   |
| Semana 15 | <p><b>Presentación de resultados preliminares de trabajos de grupo.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>   |  |  |   |
| Semana 16 | <p><b>Presentación de resultados preliminares de trabajos de grupo.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>   |  |  | <p><b>Evaluación presentación de resultados preliminares.</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p> |

|           |  |  |  |   |
|-----------|--|--|--|---|
| Semana 17 |  |  |  | <p><b>Revisión final del trabajo de grupo</b><br/>Duración: 01:00<br/>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo<br/>Evaluación continua<br/>Actividad presencial</p> <p><b>Evaluación final</b><br/>Duración: 02:00<br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación sólo prueba final<br/>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   |
|--------|---|----------|------------------------------|--|------------|------|-------------|--|
| 8      | Evaluación avance preliminar.                       | 01:00    | Evaluación continua          | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Sí         | 15%  |             | CG 10, CG 7, CG 5, CG 3, CE 27, CE 29  |
| 16     | Evaluación presentación de resultados preliminares. | 01:00    | Evaluación continua          | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Sí         | 45%  |             | CG 4, CG 7, CG 2, CG 3, CG 6., CE 28, CG 9., CE 30   |
| 17     | Revisión final del trabajo de grupo                 | 01:00    | Evaluación continua          | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo      | Sí         | 40%  |             | CE 28, CG 11., CE 30, CG 8, CG 4, CG 9., CG 10, CG 6., CG 1, CE 26                                       |
| 17     | Evaluación final                                    | 02:00    | Evaluación sólo prueba final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Sí         | 100% | 5 / 10      | CG 9., CG 4, CG 7, CG 10, CE 26, CG 1, CG 2, CG 5, CG 11., CE 30, CG 8, CE 27, CG 6., CE 28, CG 3, CE 29 |

## Criterios de Evaluación

La evaluación se basa fundamentalmente en el resultado de los trabajos en grupo que realizan los alumnos a lo largo del curso. Ese trabajo está relacionado con un problema de aplicación de ingeniería solar de alta temperatura, como una planta de producción eléctrica o una aplicación a un proceso industrial. Los trabajos se realizan por equipos en los que hay asignados una función determinada a cada alumno. El trabajo se evalúa de forma continua tras una presentación de seguimiento, y otra de resultados preliminares, y la redacción de un documento final.

## Recursos Didácticos

---

| Descripción            | Tipo         | Observaciones   |
|------------------------|--------------|---|
| Fuente de referencia   | Bibliografía | Duffie, Beckman. ?Solar Engineering of thermal processes?. Wiley Interscience.  |
| Fuente de referencia 2 | Bibliografía | D. Y. Goswami, F. Kreith, J.K. Kreider. ?Principles of Solar Engineering?. Taylor & Francis.  |
| Balance de energía     | Bibliografía | S.D. Odeh, G.L. Morrison and M. Behnia. ?Modelling of Parabolic trough direct steam generation solar collectos?. Solar Energy 62 (1998) 395-406 |
| Fuente de referencia 3 | Bibliografía | C. J. Winter, R.L. Sizmann, L.L. Vant-Hull. ?Solar Power Plants. Fundamentals, Technology, Systems, Economics?. Springer-Verlag                 |

## Otra Información

---

Dado el carácter evolutivo de esta tecnología, su programación anual y contenidos está condicionada por los avances tecnológicos que se vayan produciendo.