

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Laboratorio de ingeniería eléctrica fotovoltaica

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Laboratorio de ingeniería eléctrica fotovoltaica
<b>Titulación</b>	09AM - Master Universitario en Energía Solar Fotovoltaica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
<b>Semestre/s de impartición</b>	Segundo semestre
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	93000667
<b>Nombre en inglés</b>	Electrical engineering laboratory

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4	<b>Curso</b>	1
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Previas Requeridas

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

### Otros Requisitos

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

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Física: Electricidad, Introducción a los circuitos eléctricos. Introducción a la electrónica

## Competencias

---

CE 1 - Comprender, analizar y juzgar la relevancia de cualquier contribución en este campo, en relación con su entorno social, energético y científico-técnico.

CE 5 - Diseño, análisis, caracterización, planificación e instalación de componentes y sistemas fotovoltaicos de propósito general, autónomos o conectados a la red.

CG 2 - Liderazgo de equipos: realizar trabajos en equipo (como los de algunas de las actividades de evaluación de las asignaturas), integrarse en un grupo de investigación participando activamente en sus reuniones, colaborando con iniciativa propia en trabajos o proyectos de I+D+i; interaccionar con efectividad con los miembros del equipo de trabajo multidisciplinar

CG 5 - Gestión de la información: buscar y gestionar recursos bibliográficos adecuados con eficiencia, aprender a continuar los estudios de manera ampliamente autónoma como base para la futura actividad de investigación e innovación

CG 7 - Trabajo en contextos internacionales: Llevar a cabo un proceso sustancial de investigación con seriedad e integridad académicas, integrado en un grupo de I+D+i con proyección internacional

CG 9 - Comunicar juicios, y conocimientos a audiencias especializadas y no especializadas, de una manera razonada, clara y sin ambigüedades

CO 2 - Analizar, diseñar e implementar sistemas fotovoltaicos de complejidad media-alta

CO 4 - Aplicar los servicios y herramientas disponibles en el mercado al diseño de sistemas fotovoltaicos

## Resultados de Aprendizaje

---

RA21 - Aplicar los conocimientos adquiridos en Ingeniería eléctrica de los sistemas fotovoltaicos

RA13 - ? Conocer las herramientas específicas de ingeniería para el diseño, análisis y evaluación de edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

RA19 - ? Conocer los aspectos prácticos de la instalación

RA48 - Aplicar los servicios y herramientas disponibles en el mercado al diseño de sistemas fotovoltaicos

RA49 - Conocer como se realiza un proyecto de ingeniería de sistemas fotovoltaicos

RA30 - Conocimiento de las medidas de seguridad en centrales fotovoltaicas

RA2 - ? Formación general sobre las aplicaciones, el uso práctico de los sistemas fotovoltaicos y una perspectiva sobre la tecnología fotovoltaica.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Artaloytia Encinas, Benito <b>(Coordinador/a)</b>	A-216	benito.artaloytia@upm.es	X - 12:15 - 14:15  Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberán confirmar los horarios de tutoría con el profesorado.

**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

---

En esta asignatura se pretende avanzar en el estudio, **desde un punto de vista práctico**, de los sistemas eléctricos, proponiéndose prácticas de medidas de tensiones, corrientes y potencias puestas en juego en los sistemas trifásicos, así como la corrección del factor de potencia, aspectos todos ellos de gran importancia a la hora de afrontar cualquier instalación fotovoltaica. Además se hace un estudio de los armónicos que introducen las cargas no lineales, aspecto éste de gran interés para el diseño de las instalaciones: diseño de las protecciones y de las secciones de los conductores eléctricos (especialmente del hilo neutro).

Además se hace una breve estudio de los accionamientos, tanto electromecánicos como electrónicos de los motores eléctricos (en concreto de los motores asíncronos trifásicos y monofásicos), que son los que se utilizan en la mayor parte de las instalaciones susceptibles de ser alimentadas mediante energía solar fotovoltaica (véanse por ejemplo, las granjas y los huertos solares).

Finalmente, se hace el estudio del diseño de las instalaciones eléctricas en baja tensión (instalaciones de enlace y de interior) como ejemplo de receptores complejos de los sistemas fotovoltaicos. Se hará uso de software profesional de diseño de este tipo de instalaciones.

## Temario

---

1. Sistemas monofásicos: medida de tensiones, corrientes, potencia activa y reactiva, fdp. Medida de armónicos. Manejo de un entorno de simulación P-Spice/PSIM
2. Inyección desde plantas fotovoltaicas a la red eléctrica. Sistemas trifásicos:
  - 2.1. Análisis de la red, construcción del diagrama fasorial, obtención del sentido de rotación de las fases, análisis de sistemas equilibrados y no equilibrados, (importancia del hilo neutro)
  - 2.2. Medidas de tensiones y corrientes de fase y de línea, medidas de potencias activas con vatímetro trifásico, corrección del factor de potencia
  - 2.3. ANEXO: estudio del accionamiento de motores eléctricos con contactores y variadores de frecuencia.
3. Instalaciones fotovoltaicas en baja tensión
  - 3.1. Análisis del Marco Normativo: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y Código Técnico de la Edificación.
  - 3.2. Análisis de los diferentes sistemas de conexión del neutro y las masas y de los diferentes tipos de acometidas
  - 3.3. Análisis y diseño de las instalaciones de interior en viviendas y edificios.
  - 3.4. Análisis y cálculo de los diferentes tipos de protecciones. Puesta a tierra
  - 3.5. Utilización de software profesional (dmELECT) para el diseño de instalaciones eléctricas basadas en sistemas fotovoltaicos y energías renovables

## Cronograma

**Horas totales:** 59 horas

**Horas presenciales:** 59 horas (54.6%)

**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		<p><b>Entorno de simulación P-SPICE/PSIM</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Medida de tensiones, corrientes, potencia activa, reactiva y el factor de potencia de una carga reactiva. Corrección del factor de potencia de dicha carga</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Destreza en el manejo del entorno de simulación. Entrega de los trabajos de simulación requeridos</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p> <p><b>Utilizar de forma correcta y con seguridad las técnicas de medida de magnitudes eléctricas. Analizar y comprender los sistemas sistemas monofásicos y la importancia del fdp y su corrección</b></p> <p>Duración: 02:30</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 2		<p><b>Estudio de los efectos de las cargas no lineales sobre la red de BT y en las protecciones: distorsión armónica total, armónicos y corrientes de fuga a tierra</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Sistemas trifásicos: parámetros básicos: construcción del diagrama fasorial de la red de alimentación del laboratorio</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entender los efectos de los armónicos en las líneas de baja tensión y cómo afectan a las protecciones.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p> <p><b>Conocer los parámetros básicos de los sistemas trifásicos y realizar la medida de los mismos de forma segura y eficaz.</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>

Semana 3		<p><b>Sistemas trifásicos: parámetros básicos: Medida de tensiones y corrientes de fase y de línea. Medida de potencia activa, reactiva y del fdp. Corrección del fdp.</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Determinación del sentido de rotación de las fases de un sistema trifásico. Introducción al accionamiento de los motores asíncronos trifásicos. Automatismos eléctricos y variadores de frecuencia</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer los parámetros básicos de los sistemas trifásicos y las técnicas de medida de sus magnitudes fundamentales. Conocer las técnicas de corrección del fdp en sistemas trifásicos</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p> <p><b>Conocer las diferentes técnicas para la detección del sentido de rotación de las fases de un sistema trifásico. Conocer y aplicar las técnicas de accionamiento de los motores asíncronos.</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 4		<p><b>Montajes prácticos de accionamientos de motores: arranque directo, inversión de giro, arranque estrella-triángulo. Simulación con CADE-SIMU</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer y aplicar con destreza las distintas técnicas de accionamiento de motores asíncronos trifásicos con automatismos eléctricos</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 5		<p><b>Montajes prácticos de accionamientos de motores: arranque estrella-triángulo. Simulación con CADE-SIMU. Accionamiento con de motores asíncronos con variador de frecuencia</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer y aplicar con destreza las técnicas de accionamiento de los motores asíncronos trifásicos con automatismos eléctricos y con variadores de frecuencia</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 6		<p><b>Instalaciones fotovoltaicas en baja tensión. Análisis del Marco normativo y reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT); código Técnico de la Edificación. Análisis de los diferentes sistemas de conexión del neutro y las masas</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer la normativa aplicable a las instalaciones eléctricas en España y los estándares normativos internacionales. Conocer y caracterizar los distintos sistemas de conexión del neutro a tierra</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>Ti: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 7		<p><b>Análisis de los diferentes tipos de acometidas. Análisis de puestas a tierra</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer y caracterizar los distintos tipos de acometidas. Diseñar el sistema de tierras de una instalación</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>Ti: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>

Semana 8		<p><b>Análisis de los diferentes tipos de protecciones</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer y diseñar las protecciones de una instalación eléctrica según el marco normativo vigente.</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>Ti: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 9		<p><b>Análisis de las instalaciones de enlace e interior de un edificio dedicado principalmente a viviendas</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Conocer, identificar y diseñar las instalaciones de enlace e interior de un edificio dedicado principalmente a viviendas</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>Ti: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 10		<p><b>Software de cálculo de instalaciones. dmELECT</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Manejo adecuado del software de cálculo de instalaciones eléctricas dmELECT.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>Ti: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 11				<p><b>Prueba final</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 12				
Semana 13				
Semana 14				
Semana 15				
Semana 16				
Semana 17				

**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
1	Destreza en el manejo del entorno de simulación. Entrega de los trabajos de simulación requeridos	01:30	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	4.6%	5 / 10	CG 5, CE 5
1	Utilizar de forma correcta y con seguridad las técnicas de medida de magnitudes eléctricas. Analizar y comprender los sistemas trifásicos y la importancia del fdp y su corrección	02:30	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	4.6%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5
2	Entender los efectos de los armónicos en las líneas de baja tensión y cómo afectan a las protecciones.	02:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	6.3%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5, CO 2
2	Conocer los parámetros básicos de los sistemas trifásicos y realizar la medida de los mismos de forma segura y eficaz.	01:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	3%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5, CO 2
3	Conocer los parámetros básicos de los sistemas trifásicos y las técnicas de medida de sus magnitudes fundamentales. Conocer las técnicas de corrección del fdp en sistemas trifásicos	01:30	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	4.6%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5, CO 2
3	Conocer las diferentes técnicas para la detección del sentido de rotación de las fases de un sistema trifásico. Conocer y aplicar las técnicas de accionamiento de los motores asíncronos.	01:30	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	4.6%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 5
4	Conocer y aplicar con destreza las distintas técnicas de accionamiento de motores asíncronos trifásicos con automatismos eléctricos	03:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	9.3%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5
5	Conocer y aplicar con destreza las técnicas de accionamiento de los motores asíncronos trifásicos con automatismos eléctricos y con variadores de frecuencia	03:00	Evaluación continua	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	9.4%	5 / 10	CG 2, CG 9, CE 1, CE 5
6	Conocer la normativa aplicable a las instalaciones eléctricas en España y los estándares normativos internacionales. Conocer y caracterizar los distintos sistemas de conexión del neutro a tierra	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	9.3%	5 / 10	CG 5, CG 7, CG 9, CE 1, CE 5, CO 2
7	Conocer y caracterizar los distintos tipos de acometidas. Diseñar el sistema de tierras de una instalación	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	9.3%	5 / 10	CG 5, CG 7, CG 9, CE 5, CO 2
8	Conocer y diseñar las protecciones de una instalación eléctrica según el marco normativo vigente.	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	18%	5 / 10	CG 5, CG 7, CG 9, CE 1, CE 5, CO 2
9	Conocer, identificar y diseñar las instalaciones de enlace e interior de un edificio dedicado principalmente a viviendas	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	10.7%	5 / 10	CG 5, CG 7, CG 9, CE 5, CO 2
10	Manejo adecuado del software de cálculo de instalaciones eléctricas dmELECT.	02:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	6.3%	5 / 10	CG 5, CG 9, CE 1, CO 4, CO 2
11	Prueba final	04:00	Evaluación sólo prueba final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Sí	100%	5 / 10	CG 5, CG 2, CG 7, CG 9, CE 1, CE 5, CO 4, CO 2

## Criterios de Evaluación

---

Evaluación: Los alumnos tienen que presentar un cuaderno de laboratorio con la descripción de las prácticas y los resultados. Se evalúa de acuerdo a los resultados que presentan los alumnos en forma de memoria crítica tras la ejecución de cada práctica.

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Documentación sobre instalaciones eléctricas.	Bibliografía	REBT, Guía Técnica de Aplicación del REBT, Normas UNE, normativa de las CIAs suministradoras de energía eléctrica. Documentos de Schenieder Electric y ABB sobre instalaciones eléctricas. Documentación elaborada por el profesor.
Instrumentación de laboratorio	Equipamiento	Osciloscopio diferencial, sondas diferenciales, pinzas amperimétricas, vatimétricas y de armónicos y de fugas. Analizadores de energía. Detector del sentido de rotación de las fases de un sistema trifásico.
Equipamiento de laboratorio	Equipamiento	Lámparas. Condensadores. Motores asíncronos. Variador de frecuencia con control vectorial de Siemens, Motores asíncronos trifásicos. Automatismos eléctricos (contactores, temporizadores, guardamotores, pulsadores, etc). Conductores eléctricos, etc.
Software de Simulación	Otros	Software de simulación y de cálculo de instalaciones eléctricas: dmELECT, aulamoisan, ecodial (Schneider), e-Desing (ABB), EATON. Software de simulación de circuitos eléctricos: P-SPIICE y PSIM (ambos en versiones de evaluación)