

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

**ASIGNATURA**

Metodos avanzados en protecciones electricas

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Metodos avanzados en protecciones electricas
<b>Titulación</b>	05AV - Master Universitario en Ingenieria Electrica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Semestre/s de impartición</b>	Segundo semestre
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Código UPM</b>	53000296
<b>Nombre en inglés</b>	Metodos avanzados en protecciones electricas

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4.5	<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 Ingenieria Electrica no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria Electrica 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

Sistemas de energía eléctrica

Fundamentos de Protecciones Eléctricas

## Competencias

---

CE4 - Aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar las protecciones de los equipos e instalaciones eléctricas, con unos requisitos nuevos derivados de la incorporación de tecnologías actuales basadas en la electrónica digital.

CG1 - Haber demostrado unos conocimientos y una comprensión que se basa en el nivel típicamente asociado a los grados y lo superan y mejoran y que les proporcionan una base o una oportunidad para la originalidad en el desarrollo i/o aplicación de ideas, a menudo en el contexto de la Investigación

CG2 - Ser capaces de aplicar sus conocimientos y su comprensión, así como sus habilidades para resolver problemas, en entornos nuevos o no familiares y en contextos amplios (multidisciplinarios) relativos a su campo de estudio.

CG4 - Ser capaces de comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y el marco conceptual en que se basan, tanto a audiencias expertas como no expertas y de manera clara y sin ambigüedades

CG5 - Haber desarrollado habilidades de aprendizaje que les permitan continuar los estudios de manera ampliamente autodirigida o autónoma

## Resultados de Aprendizaje

---

RA25 - Capacidad para determinar el fasor de la componente fundamental de una señal a partir de muestras de la misma obtenidas a intervalos de tiempo fijo.

RA26 - Capacidad para seleccionar los transformadores de tensión e intensidad para protección

RA28 - Capacidad para realizar los ajustes de protecciones de distancia de líneas con y sin comunicación en un relé numérico de última generación.

RA27 - Capacidad para realizar los ajustes de protecciones de sobreintensidad y de conductor roto en un relé numérico de última generación

RA29 - Capacidad para realizar los ajustes de una protección diferencial de línea en un relé numérico de última generación.

RA30 - Capacidad para realizar los ajustes de una protección diferencial de transformador en un relé numérico de última generación.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Pastor Gutierrez, Antonio <b>(Coordinador/a)</b>	05A.01.074.0	antonio.pastor@upm.es	M - 11:30 - 13:30 X - 11:30 - 13:30 J - 11:30 - 13:30

**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 está orientada a formar ingenieros en el campo de las protecciones de los Sistemas de Energía Eléctrica, tanto en los aspectos teóricos de esta disciplina como en los de tipo práctico. En el primer caso se desarrolla una teoría completa de las protecciones de líneas y transformadores, así como de los elementos que captan y envían las señales a los relés. En la vertiente práctica de la asignatura se han preparado 8 Prácticas de Laboratorio, en las que se utilizan relés digitales de última generación, lo que permite reforzar los conocimientos teóricos y adquirir experiencia en la aplicación de dichos relés.

## Temario

---

1. Fundamentos de las protecciones y de los relés
  - 1.1. Aspectos fundamentales de las protecciones
  - 1.2. Descripción de relés. Algoritmos de los relés digitales
2. Transformadores de medida
  - 2.1. Transformadores de intensidad para protecciones. Respuesta ante las corrientes de cortocircuito
  - 2.2. Transformadores de tensión. Divisores capacitivos
3. Protecciones de sobreintensidad y de sobreintensidad direccional
  - 3.1. Protecciones de sobreintensidad de tiempo dependiente.
  - 3.2. Protecciones de sobreintensidad de tipo instantáneo.
  - 3.3. Protecciones de sobreintensidad direccional de fase
  - 3.4. Protecciones de sobreintensidad direccional de tierra
4. Protección de distancia de líneas sin comunicación
  - 4.1. Aspectos fundamentales de la protección de distancia
  - 4.2. Casos singulares de la protección de distancia sin comunicación
5. Protección de líneas con comunicación.
  - 5.1. Protección de distancia de líneas con comunicación
  - 5.2. Protección de líneas por comparación de fase
  - 5.3. Protección diferencial de líneas
6. Protección de transformadores
  - 6.1. Protección diferencial de transformadores
  - 6.2. Otras protecciones
7. Aspectos avanzados de las protecciones
  - 7.1. Procedimientos numéricos para compensar la saturación de los TIs
  - 7.2. Protección de líneas basadas en ondas móviles
  - 7.3. Técnicas avanzadas de localización de faltas

## Cronograma

**Horas totales:** 72 horas y 30 minutos

**Horas presenciales:** 61 horas y 30 minutos (50.6%)

**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>Fundamentos de las protecciones</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Fundamentos de los relés de protección</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Trabajo 1 Ejercicio de cálculo de cortocircuitos en una red mallada</b> Duración: 04:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 2	<p><b>Relés digitales. Filtros</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Relés digitales basados en ondas móviles</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 3	<p><b>Transformadores de intensidad. Circuito equivalente. Normas.</b> Duración: 01:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Transformadores de intensidad en régimen transitorio</b> Duración: 01:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 4	<p><b>Transformadores de intensidad especiales</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Transformadores de tensión para protección. Circuito equivalente . Normas</b> Duración: 01:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Divisores capacitivos. Descripción</b> Duración: 00:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Trabajo 2 Estudio de la respuesta de transformadores de intensidad en régimen transitorio</b> Duración: 03:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad no presencial</p>

Semana 5	<p><b>Divisores capacitivos: Respuesta en régimen transitorio. Transformadores de tensión ópticos.</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Protecciones de sobretensión. Esquemas de conexión. Protección de tiempo dependiente.</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 6	<p><b>Ejemplos de aplicación de Protecciones de sobretensión</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Protección de sobretensión de tipo instantáneo.</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejemplos de aplicación de Protecciones de sobretensión mixtas</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 7	<p><b>Protección de sobretensión direccional. Fundamentos.</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Prácticas de protecciones con el relé MiCOM P127. Descripción del relé. Protección de conductor roto. Protección de sobretensión de secuencia inversa</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Cálculos preliminares para la Práctica 1</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad no presencial</p>
Semana 8		<p><b>Protección de sobretensión con el relé P127</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Coordinación de protecciones de sobretensión</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 9	<p><b>Protección de sobretensión direccional de fase.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Protección de sobretensión direccional de tierra</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 10	<p><b>Protección de distancia de líneas. Protección sin comunicación.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Protección de sobretensión direccional</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Cálculo de los ajustes de los relés de sobretensión direccional</b></p> <p>Duración: 06:00</p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>

Semana 11	<p><b>Protección de distancia con comunicación</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Descripción del relé P543/545. Protección de distancia de líneas sin comunicación.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Cálculos preliminares para la Práctica de Protección de líneas sin comunicación</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad no presencial</p>
Semana 12	<p><b>Protección de líneas por comparación de fase</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Protección diferencial. Protección diferencial de líneas</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Protección de distancia de líneas con comunicación.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 13	<p><b>Protección diferencial de barras</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Protección diferencial de líneas</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 14	<p><b>Protección diferencial de barras con relés digitales</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Protección diferencial de transformadores</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Descripción del relé P630. Protección diferencial de transformadores</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Cálculos para verificar las medidas hechas por el relé en la protección diferencial de un transformador</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 15				<p><b>Examen final</b></p> <p>Duración: 02:30</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 16				
Semana 17				<p><b>Examen Final</b></p> <p>Duración: 05:00</p> <p>OT: Otras técnicas evaluativas</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>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
1	Trabajo 1 Ejercicio de cálculo de cortocircuitos en una red mallada	04:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	10%	5 / 10	CG1 , CG5
4	Trabajo 2 Estudio de la respuesta de transformadores de intensidad en régimen transitorio	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	7%	5 / 10	CG2
7	Cálculos preliminares para la Práctica 1	02:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CG1 , CE4
10	Cálculo de los ajustes de los relés de sobreintensidad direccional	06:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	13%	5 / 10	CG1 , CE4, CG4
11	Cálculos preliminares para la Practica de Protección de líneas sin comunicación	02:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No	5%	5 / 10	CG1 , CE4
14	Cálculos para verificar las medidas hechas por el relé en la protección diferencial de un transformador	03:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	10%	5 / 10	CG1 , CE4, CG4
15	Examen final	02:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	50%	5 / 10	CE4, CG4
17	Examen Final	05:00	Evaluación sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	100%	5 / 10	CG1 , CG5, CE4, CG2, CG4

## Criterios de Evaluación

La evaluación de la asignatura de Métodos avanzados en protecciones eléctricas del Máster en Ingeniería Eléctrica se basa en la realización de:

Prácticas de laboratorio.

Pruebas de resolución de ejercicios.

Habrán dos modalidades:

Evaluación continua.

Evaluación solo prueba final, para aquellos alumnos que renuncien a la modalidad de evaluación continua. En este caso, por motivos de seguridad, la actividad en el laboratorio estará limitada a los horarios fijados para la modalidad de evaluación continua.

### 1. EVALUACIÓN CONTINUA

#### 1.1 Prácticas de laboratorio.

La realización y el aprobado de todas las prácticas es imprescindible para el aprobado de la asignatura.

Con antelación a la realización de las prácticas los alumnos deberán haber estudiado el guión de las mismas. En el caso de las prácticas 1, 2, 3, 4, 5 y 8 los alumnos deberán presentar los cálculos preliminares solicitados en ellas antes de proceder a su realización.

Al finalizar cada práctica se entregarán, en su caso, las hojas con los resultados obtenidos, para su verificación y calificación por parte del profesor.

Los alumnos que hayan suspendido una o varias prácticas tienen la posibilidad de recuperarlas en el horario que se indicará con suficiente antelación.

Solo se admitirá la falta, debidamente justificada, como máximo, a dos prácticas de laboratorio, que se recuperarán en el horario que se indique.

### **1.2. Pruebas de resolución de ejercicios.**

A lo largo del curso se han programado una serie de ejercicios en la modalidad de Trabajo individual para que el alumno los resuelva y presente dentro del plazo establecido para ello. Es imprescindible el aprobado en todos los ejercicios para aprobar la asignatura.

Al finalizar el curso se realizará un examen escrito que cubrirá toda la materia expuesta a lo largo del curso. Es necesario aprobar el examen para aprobar la asignatura.

A partir de las calificaciones obtenidas en los Trabajos y en el Examen final se obtendrá la calificación de la asignatura mediante la aplicación de los porcentajes indicados en Actividades de evaluación.

### **2. EVALUACIÓN SOLO PRUEBA FINAL**

Al finalizar el curso se realizará un examen final que incluirá:

- a) Una parte escrita con ejercicios relacionados con la materia expuesta en las lecciones magistrales y con la materia cubierta por los trabajos individuales y por las prácticas de laboratorio,
- b) Una parte realizada en el laboratorio con ejercicios de tipo práctico tomados de los incluidos en las prácticas de laboratorio.

Para aprobar el examen será necesario haber aprobado los ejercicios incluidos en los apartados a) y b) con una calificación mínima en cada uno de estos apartados de 5 puntos sobre 10.


## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
S. H. Horowitz, A. G. Phadke, Power System Relaying, John Wiley, 3ª Edición, 2008	Bibliografía	Libro de texto
Areva, Network Protection and Automation Guide, 2002	Bibliografía	Guía de aplicación
A. T. Johns, S. K. Salman, Digital Protection for Power Systems, IEE Power Series N. 15, 1997	Bibliografía	Libro de texto
Relé MiCOM P127	Equipamiento	Relé multifunción para la protección de líneas de distribución.
Relé MiCOM P543	Equipamiento	Relé multifunción para la protección de líneas de transporte.
Relé MiCOM P632	Equipamiento	Relé multifunción para la protección de transformadores trifásicos de dos devanados
Apuntes y otra documentación de la asignatura de Protecciones	Otros	Material aportado por el profesor a lo largo del desarrollo de la asignatura