

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre	Máquinas Eléctricas
Código	AES03
Titulación	Grado en Ingeniería Electromecánica
Curso	3º
Cuatrimestre	1º
Créditos ECTS	6 ECTS
Carácter	Obligatoria Común
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Área	Máquinas Eléctricas
Universidad	Comillas
Horario	
Profesores	Fidel Fernández, Pablo Frías (coordinador), Michel Rivier, Luis Rouco
Descriptor	Electromagnetismo, máquinas eléctricas

Datos del profesorado	
Coordinador de la asignatura y profesor	
Nombre	Pablo Frías
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Despacho en el IIT, Santa Cruz de Marcenado, 26
e-mail	<a href="mailto:pablo.frias@iit.comillas.edu">pablo.frias@iit.comillas.edu</a>
Teléfono	6232
Tutorías	De lunes a viernes
Profesores	
Nombre	Fidel Fernández
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	D – 307
e-mail	<a href="mailto:fidelf@icai.comillas.edu">fidelf@icai.comillas.edu</a>
Teléfono	
Tutorías	De lunes a viernes
Nombre	Luis Rouco
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Despacho en el IIT, Francisco de Ricci, nº 3
e-mail	<a href="mailto:Luis.Rouco@iit.comillas.edu">Luis.Rouco@iit.comillas.edu</a>
Teléfono	6109
Tutorías	De lunes a viernes

<b>Nombre</b>	Michel Rivier
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería Eléctrica
<b>Despacho</b>	Despacho en IIT Santa Cruz de Marcenado, 26
<b>e-mail</b>	<a href="mailto:Michel.Rivier@iit.comillas.edu">Michel.Rivier@iit.comillas.edu</a>
<b>Teléfono</b>	6111
<b>Tutorías</b>	De lunes a viernes

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del graduado en Ingeniería Electromecánica requiere un conocimiento profundo de Ingeniería Eléctrica por lo que esta asignatura amplía los conocimientos eléctricos adquiridos en las asignaturas de “Circuitos eléctricos”, 1º curso, y “Electrotecnia” y “Campos Electromagnéticos”, 2º curso.

Al finalizar el curso los alumnos conocerán los tipos de máquinas más habituales en los sistemas eléctricos con especial énfasis en los sistemas trifásicos: transformadores, maquinas de inducción y máquinas síncronas.

La asignatura tiene un claro carácter experimental por lo que los alumnos también serán capaces de ensayar según normas los tres tipos de máquinas, y de analizar en el laboratorio su comportamiento en carga y en vacío.

#### Prerrequisitos

Asignaturas relacionadas: Electrotecnia y Campos electromagnéticos de 2º curso.

Para la teoría se requieren conocimientos básicos de electromagnetismo, capacidad para la resolución de circuitos eléctricos, y capacidad de cálculo vectorial y numérico.

Por su parte, en el laboratorio de la asignatura se precisan conocimientos básicos de seguridad eléctrica, manejo de equipos de medida, montaje de esquemas eléctricos y la elaboración de informes de ensayos. Finalmente, se requiere el manejo adecuado de aplicaciones informáticas en la ingeniería.

### Competencias - Objetivos

#### Competencias Genéricas del título-curso

- |       |   |
|-------|---|
| CG3.  | Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.                                |
| CG4.  | Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial. |
| CG5.  | Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.   |
| CG6.  | Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.  |
| CG11. | Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.  |

## Competencias Comunes/Específicas y Resultados de Aprendizaje

CEN1. Conocimiento aplicado de electrotecnia.

CRI4. Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas

RA1. Comprender y elegir el modelo adecuado de máquina eléctrica para el problema concreto que se pretende resolver.

RA2. Calcular caídas de tensión, rendimientos y corrientes de cortocircuito en transformadores. Valorar dichos resultados dentro de contexto y elegir adecuadamente el transformador para optimizar su funcionamiento.

RA3. Determinar el punto de operación de máquinas de inducción y máquinas síncronas y el efecto que ejercen las distintas variables de la instalación.

RA4. Realizar ensayos normalizados de máquinas eléctricas para caracterizar las máquinas y obtener los modelos equivalentes correspondientes. Valorar adecuadamente los resultados de dichos ensayos.

RA5. Comprender y aplicar criterios y procedimientos de seguridad en los ensayos a máquinas eléctricas.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### Teoría

#### Tema 1: Ampliación de transformadores monofásicos y trifásicos

- 1.1 Repaso de fundamentos de Campos Electromagnéticos aplicados a las máquinas eléctricas.
- 1.2 Repaso del modelo físico, modelo eléctrico, magnitudes unitarias, ensayos, índice horario.
- 1.3 Caída de tensión. Valor máximo. Aproximación de Kapp. Efecto del factor de potencia. Valores típicos.
- 1.4 Corriente de cortocircuito. Potencia de cortocircuito. Valores típicos. Efectos Electrodinámicos.
- 1.5 Rendimiento. Grado óptimo de carga y factor de potencia. Valores típicos.
- 1.6 Manejo de catálogos y placa de características.
- 1.7 Fundamentos de autotransformadores.

#### Tema 2: Profundización en los fundamentos de máquinas eléctricas rotativas

- 2.1 Tipos de máquinas rotativas.
- 2.2 Principio de funcionamiento de la máquina de corriente continua. Modelo simplificado. Regulación básica de velocidad. Par.
- 2.3 Máquina de corriente alterna. Campo magnético giratorio. Fuerza electromotriz inducida. Devanados distribuidos y acortados. Máquinas multipolares.
- 2.4 Principios básicos de funcionamiento de la máquina síncrona. Par motor y generador. Par máximo. Tipos constructivos.
- 2.5 Principios básicos de funcionamiento de la máquina de inducción de jaula de ardilla. Tipos constructivos.

#### Tema 3: La máquina de inducción

- 3.1 Circuito equivalente. Valores típicos.
- 3.2 Curva par-deslizamiento. Modos de funcionamiento. Curva par-velocidad.
- 3.3 Manejo de catálogos y placa características. Ensayos.
- 3.4 Problemática del arranque. Arranque estrella-triángulo. Arranque por resistencia adicional rotórica. Doble jaula.
- 3.5 Motor monofásico. Funcionamiento básico y métodos de arranque.
- 3.6 Regulación de velocidad mediante control V/f. y aplicación al arranque suave.

#### Tema 4: La máquina síncrona

- 4.1 Circuito equivalente. Valores típicos. Ensayos.
- 4.2 Diagrama vectorial de tensiones y flujos. Cargas inductivas y capacitivas y efectos magnetizantes y desmagnetizantes.
- 4.3 Funcionamiento sobre carga pasiva: regulación de tensión y velocidad. Característica exterior. Curva de regulación.
- 4.4 Funcionamiento sobre red infinita: regulación de potencias activa y reactiva. Curvas en V de Mordey.
- 4.5 Límites de funcionamiento y ábaco PQ.

## Prácticas de Laboratorio

- T1. Ensayo en carga de transformadores trifásicos.** Construcción de un banco trifásico. Cálculo del esquema equivalente a partir de los ensayos de una unidad monofásica. Ensayo sobre carga resistiva: cálculo de la caída de tensión y del rendimiento.
- A1. Ensayos de rutina de máquina asíncrona.** Medida de resistencia. Ensayo de vacío. Ensayo de rotor bloqueado. Modelo equivalente en L.
- A2. Ensayo en carga de la máquina asíncrona como motor.** Ensayo de carga como motor, con tarado de la máquina auxiliar (máquina de corriente continua), para el cálculo del rendimiento por balance de potencias.
- A3. Ensayo en carga de la máquina asíncrona como generador.** Ensayo de carga como generador, y determinación del rendimiento.
- S1. Ensayos de rutina de la máquina síncrona.** Medida de resistencia. Ensayo de vacío. Ensayo de cortocircuito. Modelo equivalente.
- S2. Ensayo de la máquina síncrona como generador sobre carga pasiva.** Sin regulación. Con regulación de tensión. Con regulación de velocidad.
- S3. Ensayo de la máquina síncrona como generador sobre red infinita.** Acoplamiento de la máquina síncrona a la red eléctrica. Control de potencias activa y reactiva.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

### Metodología Presencial: Actividades

- 1. Lección expositiva:** Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes. Previa a las sesiones teóricas se podrán realizar pequeñas pruebas para evaluar el trabajo no presencial de los alumnos.
- 2. Resolución en clase de problemas ejemplo:** Resolución de algún problema clave para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
- 3. Resolución en clase de problemas propuestos:** Resolución de problemas que el alumno ha debido preparar previamente. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
- 4. Resolución grupal de problemas.** El profesor planteará pequeños problemas que los alumnos resolverán en pequeños grupos en clase y cuya solución discutirán con el resto de grupos.
- 5. Prácticas de laboratorio.** Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas de laboratorio regladas. Las prácticas de laboratorio requerirán de la realización de un trabajo previo de preparación y finalizar con la redacción de un informe de laboratorio. Previamente a toda práctica de laboratorio se realizará una pequeña prueba para comprobar la preparación de la misma así como el análisis de la última práctica..
- 6. Tutorías** se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

## Metodología No presencial: Actividades

1. **Estudio del material presentado en clase.** Actividad realizada individualmente por el estudiante repasando y completando lo visto en clase.
2. **Estudio del material teórico no presentado en clase.** Algunos temas serán estudiados por el alumno sin presentación teórica en clase. Se mandarán problemas y actividades individuales y cooperativas que luego se discutirán en clase para asegurarse de la correcta comprensión por parte del alumno.
3. **Resolución de problemas propuestos.** La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
4. **Trabajo en grupo.** Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar una tarea fuera del horario lectivo que requerirá compartir la información y los recursos entre los miembros con vistas a alcanzar un objetivo común.
5. **Preparación de las prácticas** de laboratorio y elaboración de los informes de laboratorio.

El objetivo principal del trabajo no presencial es entender y comprender los conceptos de la asignatura, que sólo pueden alcanzarse mediante el trabajo del alumno.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO (aproximado)

Horas presenciales			
Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
23	20	14	3
Horas no presenciales			
Estudio autónomo teoría (T)	Resolución de Problemas (P)	Prácticas laboratorio (L)	Repaso y profundización (R)
18	33	29	40
Créditos ECTS:			6 (180 horas)

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

<b>TEORÍA</b>		
<b>Actividades de evaluación</b>	<b>Criterios de evaluación</b>	<b>PESO</b>
Pruebas de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensión de conceptos.</li> <li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>- Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	25%
Examen Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensión de conceptos.</li> <li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>- Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	75%
<b>LABORATORIO</b>		
<b>Actividades de evaluación</b>	<b>Criterios de evaluación</b>	<b>PESO</b>
Ensayo e informe escrito de la práctica realizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actitud responsable en el trabajo en un entorno de riesgo eléctrico.</li> <li>- Realizar montajes eléctricos, uso de equipos de medida/control, y ejecución de los ensayos.</li> <li>- Aplicación de conceptos a la realización de prácticas en el laboratorio.</li> <li>- Análisis crítico de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.</li> <li>- Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	25%
Examen teórico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento de conceptos básicos del trabajo en laboratorio y de seguridad eléctrica.</li> <li>- Comprensión de los ensayos característicos de las máquinas eléctricas.</li> <li>- Análisis crítico de los resultados obtenidos en los ensayos realizados.</li> </ul>	25%
Examen Práctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensayo eléctrico (30%)               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Actitud responsable en el trabajo en un entorno de riesgo eléctrico.</li> <li>○ Realizar montajes eléctricos, uso de equipos de medida/control, y ejecución de los ensayos.</li> </ul> </li> <li>- Conocimientos (70%)               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprensión de conceptos.</li> <li>○ Aplicación de conceptos a la realización de prácticas en el laboratorio.</li> <li>○ Análisis crítico de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.</li> <li>○ Presentación y comunicación escrita.</li> </ul> </li> </ul>	50%
Para hacer media entre teoría y laboratorio hay que tener al menos 5 sobre 10 en cada parte.		

## CALIFICACIONES

### Calificaciones

#### Convocatoria ordinaria

- **Nota Total:** 70% Teoría + 30% Laboratorio
- **Teoría** (sobre 100%): 25% pruebas de seguimiento (5% prueba corta y 20% examen inter-trimestral), 75% examen final. La prueba corta se realizará en horas de clase.
- **Laboratorio** (sobre 100%): 25% ensayos e informes, 25% examen teórico y 50% examen práctico final. Para aprobar el laboratorio es necesario obtener más de 3.5 en el examen práctico.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en teoría y laboratorio**. Si se aprueba una parte y se suspende otra, en el acta figurará la calificación de la parte suspendida y se guardará la calificación de la parte aprobada hasta la convocatoria extraordinaria.

#### Convocatoria Extraordinaria

- **Nota Total:** 70% Teoría + 30% Laboratorio
- **Teoría** (sobre 100%): 25% calificación que obtuvo el alumno en su **evaluación continua** de la teoría (prueba de seguimiento e intertrimestral), 75% examen convocatoria extraordinaria.
- **Laboratorio** (sobre 100%): 25% calificación que obtuvo el alumno en su **evaluación continua** del laboratorio (ensayos e informes), 25% examen teórico extraordinario y 50% examen convocatoria extraordinaria. Para aprobar el laboratorio es necesario obtener más de 3.5 en el examen práctico.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en teoría y laboratorio**. Si se aprueba una parte y se suspende otra, en el acta figurará la calificación de la parte suspendida. Si se repite la asignatura no se conservará la nota de la parte aprobada si se diera el caso.



## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Cada semana puede tener actividades de tres tipos: (1) Trabajo presencial en el aula, (2) Trabajo no presencial y (3) Trabajo presencial en el laboratorio. Dentro del trabajo no presencial, se distinguen 4 tipos de actividades: estudio autónomo de la Teoría (T), resolución de Problemas (P), prácticas de Laboratorio (L) y Repaso y profundización (R).

**Las pruebas de seguimiento de la teoría se han resaltado en negrita.**

Semana	Presencial				No presencial				Total horas
	Aula			L					
	Temas	T	P		T	P	L	R	
1	Presentación, 1.1, 1.2	2.5	1.5		4	3		2	13
2	1.3, 1.4	2	2		3	2		2	11
3	1.5, 1.6, 2.1	2.5	1.5		4	5.5		3	16.5
4	<b>prueba</b> , 2.2, 2.3, 2.4	2	2		2	2		2	10
5	2.5, 3.1, 3.2...	3	1		1	2		3	10
6	...3.2, 3.3...	1	1	2		3	2	1	10
7	<b>examen inter</b>	0	4		1	4		1	10
8	...3.3, 3.4...	2	0	2	1	1	2	1	9
9	...3.4, 3.5, 3.6, 4.1...	1.5	0.5	2		1	2	1	8
10	...4.1, 4.2	1.5	0.5	2	1	1	2	1	9
11	4.3	2	0	2	1	1.5	2	2	10.5
12	4.4	1.5	0.5	2		1	2	1	8
13	...4.4, 4.5	1.5	0.5	2		2	2	1	9
14	Repaso	0	4			2		2	8
15	Repaso	0	4			2		2	8
Dic.	<b>Examen teoría y laboratorio</b>						15	15	30
		23	23	14	18	33	29	40	180
		Total Pres. 60			Total No Pres. 120				

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Libros de texto
  - J. Fraile Mora, "Máquinas Eléctricas". 7ª ed., Garceta, Madrid, 2015. ISBN 978-8416228133
  - J. Fraile Mora, "Problemas de Máquinas Eléctricas". 2ª ed., Garceta, Madrid, 2015. ISBN 978-8416228140
  - J. Sanz Feito, "Máquinas Eléctricas". Prentice Hall, Madrid, 2002. ISBN 978-8420533919

### Bibliografía Complementaria

- G.R. Slemon, A. Straughen, "Electric Machines". Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1980. ISBN 978-0201077308

### Portal de recursos de la asignatura en la universidad

- Información general del curso
- Ejercicios propuestos con solución
- Transparencias
- Información general del laboratorio (calendario de prácticas, grupos, normas sobre máquinas eléctricas, descripción técnica de las máquinas).
- Guiones de prácticas de laboratorio
- Documentación sobre seguridad eléctrica
- Problemas de examen con solución