

## **Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales**

### **30019 - Máquinas eléctricas**

**Guía docente para el curso 2014 - 2015**

**Curso: 2, Semestre: 2, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Eduardo Aznar Colino** eduardo@unizar.es
- **José Luis Bernal Agustín** jlbernal@unizar.es
- **Pedro Abad Martín** pdroabad@unizar.es
- **Eva Sara Carod Pérez** escarod@unizar.es
- **María Jesús Velilla Marco** mvelilla@unizar.es
- **Vicente Alcalá Heredia** valcala@unizar.es

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Para cursar la asignatura de "Máquinas Eléctricas" son imprescindibles conocimientos básicos de matemáticas y de física general, por lo que es recomendable haber cursado y superado las asignaturas de Matemáticas I, II y III, y Física I y II, que se imparten en primer y segundo curso del Grado de Tecnologías Industriales, así como haber superado la asignatura de Fundamentos de Electrotecnia.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, repartidas del siguiente modo:

- 45 horas de clase presencial, distribuidas en 3 horas semanales. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos, y se desarrollarán problemas y casos prácticos coordinados con las exposiciones teóricas.
- 15 horas de prácticas de laboratorio, repartidas en varias sesiones, a lo largo del cuatrimestre.
- 27 horas de trabajos tutelados, que consistirán en la resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, similares a los resueltos en el aula, distribuidos durante el curso.
- 57 horas de estudio personal, repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del curso.
- 3 horas de pruebas de control, repartidas en dos pruebas teórico-prácticas de 1 hora cada una, y dos pruebas teóricas de 30 minutos cada una, y distribuidas a lo largo del cuatrimestre.

- 3 horas de examen, correspondientes a la convocatoria oficial

La relación de fechas y actividades concretas, así como todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicará en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>) (para el acceso a esta web, el estudiante deberá estar matriculado)

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Comprende los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas y tiene habilidad para aplicarlos al análisis del funcionamiento en régimen permanente y en régimen transitorio de las máquinas eléctricas en situaciones complejas
- 2:** Tiene habilidad para identificar, clasificar y describir el comportamiento de sistemas con máquinas eléctricas a través del uso de métodos analíticos y técnicas de modelado propios del análisis de máquinas eléctricas.
- 3:** Tiene habilidad para aplicar métodos cuantitativos y programas informáticos al análisis y diseño de máquinas eléctricas para resolver problemas de ingeniería
- 4:** Usa la creatividad para establecer soluciones innovadoras en el análisis, diseño y accionamiento de máquinas eléctricas
- 5:** Gestiona el proceso de diseño de máquinas eléctricas y evalúa los resultados
- 6:** Tiene habilidades de trabajo en laboratorio y en talleres.
- 7:** Comprende el uso de literatura técnica y otras fuentes de información.
- 8:** Comprende los códigos prácticos y estándares de la industria referentes a máquinas eléctricas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura de “Máquinas Eléctricas” desarrolla y aplica los fundamentos básicos del análisis de circuitos eléctricos, de Fundamentos de Electrotecnia, y de los principios de funcionamiento y características principales de las máquinas eléctricas.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

## **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura va orientada a la adquisición de conocimientos básicos sobre las máquinas eléctricas rotativas y los transformadores tanto monofásicos como trifásicos, y sobre la necesidad y el uso de las mismas en los procesos de transformación energética.

### **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

“Máquinas Eléctricas” forma parte del módulo de Tecnologías Industriales, y se imparte en el segundo cuatrimestre del 2º curso del Grado de Tecnologías Industriales. Para cursarla se requieren conocimientos adquiridos en las asignaturas de Fundamentos de Electrotecnia, Matemáticas I y II, y Física I y II, correspondientes al curso 1º, y se recomienda también haber cursado la asignatura de Matemáticas III del cuatrimestre primero del 2º curso. La asignatura, así mismo, presenta contenidos básicos que son importantes para la asignatura “Electrónica de Potencia”, y “Sistemas Eléctricos de Potencia” del 3º curso de la titulación.

### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional
- 2:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico
- 3:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano
- 4:** Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 5:** Conocer y aplicar los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas.
- 6:** Calcular y seleccionar las máquinas eléctricas.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos eléctricos básicos de las máquinas eléctricas, necesarios para poder desarrollar las competencias laborales asociadas al Grado de Tecnologías Industriales..

Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de:

- Conocer el manejo de los principales aparatos de medidas eléctricas (polímetro, vatímetro, osciloscopio, etc.)
- Seleccionar una máquina eléctrica en función de las necesidades de transformación energéticas
- Realizar, con cierta destreza, el montaje eléctrico de un circuito o máquina eléctrica

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

## **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

Con el fin de incentivar el trabajo continuado del estudiante, se aplicará un sistema de evaluación global, compuesto por la valoración de las siguientes actividades:

- Prácticas de laboratorio (15% de la nota final): Cada práctica se valorará por separado. La nota será función del trabajo realizado por el alumno en cada sesión de prácticas, para lo cual será necesario que éste presente un informe final, rellenando un cuestionario que el profesor le entregará antes de finalizar la sesión. La no asistencia a alguna práctica supone un 0 en la misma, el alumno deberá superarla mediante la realización del examen práctico. Para superar la asignatura es necesario obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10 bien en la realización periódica de las prácticas o bien en un examen final de prácticas.

- Actividades Evaluables (15% de la nota final): A lo largo del cuatrimestre, se plantearán diversas actividades similares a los resueltos en las clases presenciales, ejercicios, casos prácticos, etc. En cada actividad se especificarán los criterios de evaluación.

- Examen de convocatoria (70% de la nota final): Consistirá en una prueba escrita, a realizar dentro del período de exámenes, con una parte teórica (tipo test) y una parte práctica (resolución de problemas). Cada una de las partes supone un 50% de la nota del examen, siendo necesario obtener una puntuación mínima de 3,5 sobre 10 en cada una de ellas para poder promediar. Para superar la asignatura es necesario obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10.

Aquellos alumnos que no completen a lo largo del cuatrimestre las pruebas de evaluación propuestas, podrán optar a superar la asignatura mediante las pruebas de evaluación que se programarán en las fechas del calendario oficial de exámenes del centro, consistente en:

- Examen de convocatoria (70% de la nota final): prueba escrita de iguales características que en la evaluación ordinaria.

- Examen de prácticas (30% de la nota final): prueba en laboratorio donde el estudiante demostrará que es capaz de: identificar y reconocer el funcionamiento del material del laboratorio típico, cablear correctamente cualquiera de los ensayos propuestos, obtener resultados válidos y sacar las conclusiones oportunas. Para este ejercicio, el alumno podrá disponer de su cuaderno de prácticas.

Para superar la asignatura en cada una de estas dos pruebas de evaluación es necesario obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

#### **El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El proceso de aprendizaje se ha planteado para fomentar el trabajo continuado del estudiante y se centra en los aspectos teóricos básicos para poder comprender, analizar y aplicar esos conocimientos a la resolución de problemas reales.

Para el desarrollo de la asignatura, por una parte se impartirán sesiones teóricas con el grupo completo, en las que se expondrán los fundamentos teóricos de la asignatura en forma de clase magistral y se complementarán con la resolución de problemas-tipo.

Por otra parte se realizarán sesiones de laboratorio en grupos reducidos donde el alumno trabajará como miembro de un grupo de dos o tres alumnos. La finalidad de las prácticas es aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas, incidiendo en montajes de circuitos, en medidas eléctricas y en el conexionado y uso de máquinas eléctricas. Con las prácticas de laboratorio se pretende que el alumno conozca aparatos y máquinas eléctricas, que adquiera destreza manual, y que refuerce los conocimientos teóricos adquiridos.

Paralelamente, durante las primeras semanas del cuatrimestre, el alumno tendrá que resolver unos ejercicios tutelados por el profesor.

También se realizarán diversas pruebas de control escritas, distribuidas a lo largo del periodo lectivo.

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Clases presenciales** (45 horas presenciales). Por un lado, se realizarán sesiones de exposición y explicación de contenidos teóricos, relacionados con los diferentes tipos de máquinas eléctricas (partes constructivas, principios de funcionamiento, conexiónado, etc.). El alumno dispondrá de material docente preparado por el profesorado, y disponible en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>), que le ayude al seguimiento de las clases teóricas. Por otro lado, y de forma coordinada, se desarrollarán problemas y casos prácticos relacionados con las exposiciones teóricas (cálculo de circuitos, selección de máquinas eléctricas, etc.).

**2:**

**Prácticas de laboratorio** (15 horas presenciales). El alumno dispondrá de un cuaderno de prácticas, disponible en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>) con los guiones de cada práctica, que deberán ser leídos previamente a cada sesión, y en los que realizar anotaciones sobre las actividades realizadas.

**3:**

**Trabajos tutelados** (27 horas no presenciales). Durante las primeras semanas de curso, al finalizar cada tema, se propondrá a los alumnos la resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, similares a los resueltos en el aula. Los enunciados de tales trabajos estarán disponibles en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>).

**4:**

**Estudio individual** (57 horas no presenciales), repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del curso. Se fomentará el trabajo continuado del estudiante, mediante la distribución homogénea a lo largo del cuatrimestre de las diversas actividades de aprendizaje.

**5:**

**Pruebas de evaluación** (6 horas presenciales). Además de tener una función calificadora, la evaluación también es una herramienta de aprendizaje con la que el alumno comprueba el grado de comprensión y asimilación de conocimientos y destrezas conseguidos.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El programa de la asignatura se divide en cuatro bloques principales, en los que se desarrollan conceptos sobre "Máquinas Eléctricas". Por lo tanto, el temario se distribuye de la siguiente manera:

#### Transformadores:

Introducción. Transformador ideal. Aspectos constructivos. Transformador real. Reducción del 2º al 1º. Circuito equivalente. Rendimiento. Bancos trifásicos. Transformadores trifásicos. Índices horarios. Transformadores en paralelo. Autotransformadores. Transformadores de medida y protección.

#### Máquinas asíncronas:

Introducción. Aspectos constructivos, rotor de jaula y rotor bobinado. Campos magnéticos giratorios producidos por un sistema monofásico y trifásico. Principio de funcionamiento como motor, freno, generador. Circuito equivalente. Balance de potencias. Característica mecánica. Arranque del motor asíncrono. Regulación de velocidad del motor asíncrono.

#### Máquinas síncronas.

Introducción. Aspectos constructivos. Sistemas de excitación. Principio de funcionamiento de un alternador. Funcionamiento en vacío, funcionamiento en carga. Reacción de inducido. Diagrama fasorial. Análisis lineal de la máquina síncrona. Método

de Behn-Eschenburg.

Análisis no lineal de la máquina síncrona. Método de Potier. Circuito equivalente. Funcionamiento en una red de potencia infinita. Funcionamiento en una red aislada.

### **Máquinas de c.c**

Introducción. Aspectos constructivos. Principio de funcionamiento. Generadores de c.c., características de servicio. Motores de c.c., características de funcionamiento.

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en su página web).

Cada profesor informará de su horario de atención de tutoría.

El resto de actividades se planificará en función del número de alumnos y se dará a conocer con la suficiente antelación. Podrá consultarse en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>).

## **Bibliografía**

### **Bibliografía**

Para el seguimiento de la asignatura, el estudiante podrá utilizar varios recursos disponibles en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>), tales como:

- Apuntes de la asignatura
- Colección de enunciados de problemas
- Cuaderno de prácticas de laboratorio

En cualquier caso, también puede consultar los siguientes libros de referencia:

#### **1. Libros de referencia:**

- P. Abad, V. Alcalá, E. Sainz, J. F. Sanz, M. J. Velilla, J. L. Villa, "Máquinas Eléctricas: Máquinas de corriente continua, transformadores y máquinas de corriente alterna". Copy Center Digital, DL-Z5321-2008.
- E. Carod, J.A. Domínguez, M.J. Velilla, "Maquinas Eléctrica"

#### **2. Textos complementarios:**

- Chapman, Stephen J. "Máquinas eléctricas". Ed. McGraw-Hill, Santa Fe de Bogotá, 2000.
- Fraile Mora, Jesús. "Máquinas eléctricas", 6<sup>a</sup> edición. Ed. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, 2008
- Fraile Mora, Jesús, Fraile Ardanuy, Jesús. "Problemas de máquinas eléctricas". Ed. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 2005.
- Ras Oliva, Enrique. "Transformadores de potencia, de medida y de protección", 7<sup>a</sup> edición. Ed. Marcombo, Barcelona, 1994.
- Fitzgerald, Kingsley Jr., Umans "Máquinas Eléctricas" Ed. McGraw-Hill.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- 2.1 Chapman, Stephen J.. Máquinas eléctricas / Stephen J. Chapman ; revisión técnica Carlos Rodríguez Pérez, Alfredo Santana Díaz . 5<sup>a</sup> ed. México [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2012
- 2.2 Fraile Mora, J. Jesús. Máquinas eléctricas / Jesús Fraile Mora . - 6<sup>a</sup> ed. Madrid : McGraw-Hill/Interamericana, cop. 2008
- 2.3 Fraile Mora, Jesús. Problemas de máquinas eléctricas / Jesús Fraile Mora, Jesús Fraile Ardanuy Aravaca (Madrid) : McGraw-Hill Interamericana, D.L. 200
- 2.4. Ras Oliva, Enrique. Transformadores de potencia, de medida y de protección / Enrique Ras Oliva . - 7<sup>a</sup> ed. renov.

Barcelona : Marcombo, cop. 1994

- 2.5 Fitzgerald, Arthur Eugene.. Máquinas eléctricas / A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Stephen D. Umans ; traducción, Jorge Yescas Milanés, Rodolfo Navarro Salas ; revisión técnica, Luis Mauro Ortega González . - 6<sup>a</sup> ed. México [etc.] : McGraw-Hill/Interamericana, cop. 2004
- Carod Pérez, Eva Sara. Máquinas eléctricas [Texto impreso] Eva S. Carod, José A. Domínguez, M<sup>a</sup> Jesús Velilla . Zaragoza Copy Center [2007]
- Máquinas eléctricas [Texto impreso] : máquinas de corriente continua, transformadores y máquinas de corriente alterna P. Abad ... [et al.] ; coordinador, J.F. Sanz . Zaragoza Copy Center [2008]