



## Grado en Ingeniería Eléctrica 29623 - Máquinas eléctricas II

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Vicente Alcalá Heredia** valcala@unizar.es
- **Mariano Blasco Sánchez** mblasco@unizar.es
- **Eva Sara Carod Pérez** escarod@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar la asignatura de “Máquinas Eléctricas II” es imprescindible haber superado la asignatura de “Máquinas Eléctricas I”. También son necesarios conocimientos previos en Matemáticas, Electromagnetismo, Análisis de circuitos eléctricos y Materiales eléctricos y magnéticos.

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 entre:

- Clases presenciales, distribuidas de forma regular durante las 15 semanas del cuatrimestre. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos, y se desarrollarán problemas y casos prácticos coordinados con las exposiciones teóricas.
- Prácticas de laboratorio, repartidas en varias sesiones a lo largo del cuatrimestre.
- 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.
- Estudio personal, a lo largo de las 15 semanas de duración del curso.
- Pruebas de control distribuidas a lo largo del cuatrimestre. Consistirán en al menos tres pruebas con cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas.
- Examen correspondiente 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:** Tiene un conocimiento detallado del comportamiento de las máquinas eléctricas tanto en régimen permanente como transitorio.
- 2:** Tiene habilidad para aplicar métodos cuantitativos y programas informáticos al análisis y diseño de máquinas eléctricas.
- 3:** Tiene capacidad de selección, análisis y dimensionado de máquinas eléctricas para una aplicación determinada.
- 4:** Comprende e Interpreta la normativa sobre ensayos de máquinas eléctricas.
- 5:** Realiza ensayos para determinar parámetros de máquinas, y prever sus interacciones con el resto del sistema eléctrico.
- 6:** Comprende e interpreta la literatura técnica y otras fuentes de información.
- 7:** Gestiona el proceso de diseño de máquinas eléctricas y evalúa los resultados.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura de “Máquinas Eléctricas II” amplía los conocimientos obtenidos en “Máquinas Eléctricas I” desarrollando, desde una perspectiva detallada y profunda conceptos avanzados de máquinas eléctricas estáticas y rotativas. La segunda parte de la asignatura se dedica a adquirir conceptos fundamentales sobre el cálculo y diseño 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 en una primera parte a la adquisición de conocimientos avanzados sobre las máquinas eléctricas estáticas y rotativas, así como su comportamiento y relación con el resto del sistema eléctrico.

A continuación se ofrecerá al alumno una visión general de los factores que influyen en el diseño y cálculo de las máquinas eléctricas, para lo que se presentarán las pautas generales de los métodos de cálculo paramétrico y de las herramientas basadas en métodos numéricos.

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

“Máquinas Eléctricas II” forma parte de la materia Máquinas Eléctricas dentro del módulo de Tecnología Eléctrica. Esta materia se divide en tres asignaturas: Máquinas Eléctricas I, que el alumno ha cursado en el semestre anterior, la asignatura Máquinas Eléctricas II, y Accionamientos de Máquinas Eléctricas que se imparte en el semestre siguiente. Además, en el primer semestre del 4º curso el alumno cursará Sistemas eléctricos de potencia, donde aparecerán transformadores y generadores, y en menor medida también los motores asíncronos como elementos fundamentales de dicho sistema.

Esta asignatura debe completar los conocimientos del alumno sobre máquinas eléctricas y proporcionar las bases que permitan seguir con aprovechamiento las asignaturas siguientes.

### **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 (C3)
- 2:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4)
- 3:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano (C6)
- 4:** Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma (C7)
- 5:** Capacidad de gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la ingeniería (C10)
- 6:** Conocer y aplicar los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas (C21)
- 7:** Calcular y seleccionar las máquinas eléctricas (C30)

### **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:

- Diseñar ensayos de laboratorio para caracterizar máquinas eléctricas y justificar sus interacciones con el resto del sistema eléctrico.
- Comprender y aplicar aproximaciones a los problemas de ingeniería en los que intervienen máquinas eléctricas.
- Aplicar métodos cuantitativos y programas informáticos al análisis y diseño de máquinas eléctricas para resolver problemas de ingeniería.

---

## **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 una nota de 0 en dicha práctica. Para superar la asignatura es necesario obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10.

● **Ejercicios tutelados (15% de la nota final):** A lo largo del cuatrimestre, se planteará la resolución de casos prácticos, similares a los resueltos en las clases presenciales. Los ejercicios serán revisados de forma personal a cada alumno, y se valorará su contenido, comprensión y presentación.

● **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 o preguntas cortas) 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.

**2:** 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 (80% de la nota final):** prueba escrita de iguales características que en la evaluación ordinaria.

● **Examen de prácticas (20% de la nota final):** prueba en laboratorio donde el estudiante demostrará que es capaz de realizar cualquiera de los apartados propuestos en los guiones de prácticas. Para este ejercicio, el alumno podrá disponer de su cuaderno de prácticas.

Para superar la asignatura en 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 en un puesto de trabajo con otros compañeros. La situación ideal sería que el alumno fuera miembro de un grupo de tres alumnos. La finalidad de las prácticas es aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas, incidiendo en la preparación de los circuitos a cablear, las medidas necesarias para obtener los resultados pedidos, y por lo tanto, el equipo a utilizar.

Paralelamente, a lo largo 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** (42 horas presenciales). Por un lado, se realizarán sesiones de exposición y explicación de contenidos teóricos. 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.
- 2:** **Prácticas de laboratorio** (15 horas presenciales). El alumno dispondrá de guiones de prácticas, disponibles en el Anillo Digital Docente (<http://moodle.unizar.es/>) con los objetivos de cada práctica, el material disponible, y toda la información necesaria para completar el trabajo de laboratorio.
- 3:** **Trabajos tutelados** (27 horas no presenciales). 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** (60 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 los capítulos que se detallan a continuación:

#### **Materiales electrotécnicos:**

Aislantes: Resistencia de aislamiento. Rigidez. Pérdidas dieléctricas. Clase térmica.

Conductores: Resistividad. Efecto de la temperatura. Efecto de concentración de corriente. Pérdidas.

Materiales magnéticos.

#### **Transformadores:**

Método de cálculo en p.u. Formación del campo magnético. Método de las componentes simétricas. Cargas desequilibradas. Transformadores multicircuito. Transformadores de regulación. Impedancias. Transitorios.

#### **Máquinas asíncronas:**

Característica mecánica con alimentación sinusoidal. Variación de velocidad: característica mecánica con alimentación no sinusoidal. Campos y pares armónicos. Generador asíncrono. Motor monofásico.

#### **Máquinas síncronas.**

Modelos de la máquina síncrona. Potencias activa y reactiva. Diagrama de límites de funcionamiento. Motor síncrono. Transitorios.

#### **Motores especiales**

Motor lineal. Motor paso a paso. Motor brushless. Motor de reluctancia.

#### **Cálculo y diseño de máquinas eléctricas:**

Devanados: Definiciones. Tipos de devanado. Representación.

Principios generales del cálculo paramétrico: Parámetros magnéticos. Parámetros eléctricos. Ecuaciones paramétricas.

Técnicas numéricas en el diseño de máquinas eléctricas: Introducción. Ecuaciones de campo. Modelado y análisis. Preprocesado. Procesado. Postprocesado.

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 tutorías.

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, materiales y recursos

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:

- Chapman, Stephen J. "Máquinas eléctricas". Ed. McGraw-Hill, Santa Fe de Bogotá, 2000.
- Corrales Martín, Juan "Cálculo industrial de máquinas eléctricas" Tomos I y II, Ed. Marcombo.
- Fitzgerald, Kingsley Jr., Umans "Máquinas Eléctricas" Ed. McGraw-Hill.
- Fraile Mora, Jesús. "Máquinas eléctricas", 6ª edición. Ed. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, 2008
- Ras Oliva, Enrique. "Transformadores de potencia, de medida y de protección", 7ª edición. Ed. Marcombo, Barcelona, 1994.
- Serrano Iribarnegaray, Luis "Fundamentos de máquinas eléctricas rotativas", Ed. Marcombo.
- Silvestre, P. P., Ferrari, R. L. "Finite elements for electrical engineers" Cambridge University Press.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Chapman, Stephen J.. Máquinas eléctricas / Stephen J. Chapman ; revisión técnica Carlos Rodríguez Pérez, Alfredo Santana Díaz . - 5ª ed. México [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2012
- Corrales Martín, Juan. Cálculo industrial de máquinas eléctricas. Tomo I, Fundamentos del cálculo / Juan Corrales Martín Barcelona [etc.] : Marcombo Boixareu, D. L. 1982
- Corrales Martín, Juan. Cálculo industrial de máquinas eléctricas. Tomo II, Método de cálculo / Juan Corrales Martín Barcelona [etc.] : Marcombo Boixareu, D. L. 1982
- 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 . - 6ª ed. México [etc.] : McGraw-Hill/Interamericana, cop. 2004
- Fraile Mora, J. Jesús. Máquinas eléctricas / Jesús Fraile Mora . - 6ª ed. Madrid : McGraw-Hill/Interamericana, cop. 2008
- Ras Oliva, Enrique. Transformadores de potencia, de medida y de protección / Enrique Ras Oliva . - 7ª ed. renov. Barcelona : Marcombo, cop. 1994
- Serrano Iribarnegaray, Luis. Fundamentos de máquinas eléctricas rotativas / Luis Serrano Iribarnegaray Barcelona : Marcombo Boixareu ; [Valencia] : Universidad Politécnica de Valencia, D.L. 1989
- Silvestre, P.P. Finite elements for electrical engineers / Silvestre, P. P., Ferrari, R. L. Cambridge University Press.