



# Guía docente

## 820143 - EMDEE - Diseño de Máquinas Eléctricas

Última modificación: 21/06/2021

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
**Unidad que imparte:** 709 - DEE - Departamento de Ingeniería Eléctrica.  
**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA (Plan 2009). (Asignatura optativa).  
**Curso:** 2021      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Catalán

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Ramon Bargalló Perpiña  
**Otros:** Primer quadrimestre:  
RAMON BARGALLO PERPIÑA - T11

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Cálculo diferencial e integral. Derivación e integración aproximadas.  
Cálculo matricial.  
Métodos de Fourier.  
Conocimientos adquiridos en Máquinas Eléctricas 1 y 2.  
Conocimiento de las funcionalidades de la calculadora científica y su utilización.  
Conocimientos de MATLAB

### REQUISITOS

---

Máquinas Eléctricas 1  
Máquinas Eléctricas 2

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

1. Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas.
2. Capacidad para aplicar con buen criterio los reglamentos y normas
3. Capacidad para la síntesis de la información y el autoaprendizaje.

#### Transversales:

4. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 3: Aplicar los conocimientos alcanzados en la realización de una tarea en función de la pertinencia y la importancia, decidiendo la manera de llevarla a cabo y el tiempo que es necesario dedicarle y seleccionando las fuentes de información más adecuadas.
5. EMPRENDEDURÍA E INNOVACIÓN - Nivel 3: Utilizar conocimientos y habilidades estratégicas para la creación y gestión de proyectos, aplicar soluciones sistémicas a problemas complejos y diseñar y gestionar la innovación en la organización.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

La asignatura utiliza la metodología expositiva para las sesiones teóricas y el aprendizaje basado en proyectos en las sesiones de problemas y actividades dirigidas. En las sesiones de laboratorio los estudiantes deberán aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones de teoría y problemas a la obtención de los resultados pedidos utilizando herramientas adecuadas de diseño (programas de diseño de devanados, programas basados en el método de los elementos finitos y de análisis térmico)

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Dar al estudiante una visión general del diseño de máquinas eléctricas haciendo énfasis en los métodos que se apoyan en la resolución utilizando programas de elementos finitos.

Exponer las reglas y métodos generales de dimensionado de las máquinas eléctricas.

Establecer las aplicaciones y limitaciones de los materiales empleados con el fin de obtener un diseño optimizado respecto a criterios de ingeniería (técnicos, económicos, de sostenibilidad, etc.)

Entender y utilizar diversos métodos de optimización adecuados para el diseño de máquinas eléctricas.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	20.00
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo pequeño	30,0	20.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### Modelización de máquinas eléctricas mediante la resolución de las ecuaciones del campo electromagnético

#### Descripción:

Ecuaciones de Maxwell. Relaciones Constitutivas. Condiciones de contorno. Análisis en 2D y en 3 D. Simetrías. Resolución numérica de las ecuaciones del campo electromagnético. El método de los elementos finitos. Cálculo de variables derivadas. Análisis de los resultados. Distribuciones de flujo. Cálculo de la fem inducida. Determinación de parámetros: resistencia, capacidad, inductancia. Pérdidas. Cálculo de fuerzas y pares.

#### Objetivos específicos:

Entender y utilizar las ecuaciones de Maxwell aplicadas a la descripción de los fenómenos que se producen en el interior de una máquina eléctrica.

Entender y utilizar un programa basado en el método de los EF.

Entender y analizar los resultados obtenidos

#### Actividades vinculadas:

Introducción al trabajo con programas basados en el método de los EF: análisis de una bobina.

Análisis de un actuador. Introducción al lenguaje de programación LUA. Soluciones para diversos valores de la corriente y la posición. Creación de animaciones.

#### Dedicación: 19h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h



### Devanados para máquinas eléctricas

**Descripción:**

Tipos de bobinados: polos salientes, ranurados, cabezas de bobina. Bobinados de fase. Análisis de la fmm generada. Fem inducida. Bobinados fraccionarios. Otros bobinados

**Objetivos específicos:**

Analizar las características de los bobinados y comprender como afecta su diseño a la fmm y fem generadas.

**Actividades vinculadas:**

Diseño de un bobinado para una máquina de CA. Análisis de los resultados. Propuestas de mejora.

**Dedicación:** 18h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

### Conceptos generales y restricciones en el diseño de máquinas eléctricas

**Descripción:**

Expresiones generales del par electromagnético. Normalización. Leyes de semejanza. Modificaciones y consideraciones a tener en cuenta en función del rango de trabajo (flujo constante, zona de debilitamiento del campo)

**Objetivos específicos:**

Analizar la dependencia entre la potencia o el par, la velocidad, las limitaciones de los materiales y las dimensiones de las máquinas eléctricas

**Dedicación:** 16h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 10h

### Métodos de optimización del diseño

**Descripción:**

Formulación del problema de optimización. Restricciones. Métodos generales de resolución. Ejemplo de optimización de un transformador de potencia y de una máquina rotativa.

**Objetivos específicos:**

Entender que variables intervienen en el diseño y plantear como podemos optimizar este.

Presentar diversas técnicas de optimización.

**Actividades vinculadas:**

Optimización de un actuador. Enlace entre FEMM, OptiY y MATLAB/OCTAVE.

**Dedicación:** 18h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h



### Determinación de parámetros y pérdidas

**Descripción:**

Cálculo mediante EF de los parámetros de los circuitos equivalentes de las máquinas eléctricas. Cálculo de Pérdidas.

**Objetivos específicos:**

Explotación de los resultados obtenidos mediante análisis por EF para la determinación de diversos parámetros de interés.

**Actividades vinculadas:**

Análisis de un transformador. Enlace entre FEMM y MATLAB/OCTAVE.

**Dedicación:** 15h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

### Calentamiento y enfriamiento de las máquinas eléctricas

**Descripción:**

Métodos de evacuación del calor: conducción, convección, radiación. Circuitos térmicos equivalentes. Cálculo del calentamiento mediante EF.

**Objetivos específicos:**

Analizar como se produce el calentamiento y como evacuamos el calor generado en las máquinas eléctricas. Calcular el calentamiento usando diversos métodos.

**Actividades vinculadas:**

Análisis térmico de un transformador mediante EF. Régimen permanente y transitorio. Análisis combinado electromagnético+térmico.

**Dedicación:** 18h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

### Dimensionado de máquinas eléctricas

**Descripción:**

Pautas generales para el dimensionado de máquinas eléctricas. Aplicación a máquinas asíncronas, síncronas, síncronas con imanes permanentes, otras. Cada curso, en función del tiempo disponible, se desarrollará en detalle una o mas pautas de cálculo.

**Objetivos específicos:**

Diseño integral de una máquina eléctrica

**Actividades vinculadas:**

Análisis de una máquina asíncrona mediante EF. Obtención de características de funcionamiento.

Análisis de una máquina síncrona con imanes permanentes. Determinación del par de cogging y de la fem inducida.

Determinación de la característica par - posición.

Determinación de fuerzas radiales. Estimación del ruido generado.

**Dedicación:** 33h

Grupo grande/Teoría: 9h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 20h



## Aislamiento de las máquinas eléctricas

### Descripción:

Materiales para el aislamiento. Monitorización y análisis del aislamiento. Análisis de fiabilidad. Técnicas de análisis predictivo.

### Objetivos específicos:

Estudio de las limitaciones de los sistemas de aislamiento y su efecto en el diseño de una máquina.

### Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Ejercicios y problemas: 20%

Actividad dirigida (diseño de una máquina según especificaciones dadas) : 20%

Laboratorio: 20%

Prueba parcial: 20%

Prueba final: 20%

Al ser la evaluación continuada no se preve prueba de reevaluación.

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Prueba final con documentación. NO hay examen de reevaluación.

## BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

- Pyrhönen, Juha; Jokinen, Tapani; Hrabovcová, Valéria. Design of rotating electrical machines [en línea]. Chichester: John Wiley & Sons, 2013 [Consulta: 04/05/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=1414122>. ISBN 9781118581575.
- Hamdi, Essam S. Design of small electrical machines. Chichester [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1994. ISBN 0471952028.
- Gieras, Jacek F.; Wing, Mitchell. Permanent magnet motor technology : design and applications. 3rd ed. Boca Raton [etc.]: CRC Press, cop. 2010. ISBN 9781420064407.

### Complementaria:

- Krishnan, Ramu. Switched reluctance motor drives : modeling, simulation, analysis, design and applications. Boca Raton [etc.]: CRC Press, cop. 2001. ISBN 0849308380.
- Bianchi, Nicola. Theory and design of fractional-slot pm machines. Padova: CLEUP, 2007. ISBN 9788861291225.
- Bianchi, Nicola. Design, analysis, and control of interior PM synchronous machines. Padova: CLEUP, 2004.