

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2017-2018

Identificación y características de la asignatura												
Código	501072					Créditos ECTS	6					
Denominación (español)	Máquinas Eléctricas											
Denominación (inglés)	Electrical Machines											
Titulaciones	Grado en Ingeniería Eléctrica (Rama Industrial)											
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales											
Semestre	5º	Carácter	Obligatoria									
Módulo	Tecnología Específica Electricidad											
Materia	Circuitos y Máquinas Eléctricas											
Profesor/es												
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web									
María Isabel Milanés Montero	D2.10	milanes@unex.es	http://campusvirtual.unex.es									
Área de conocimiento	Ingeniería Eléctrica											
Departamento	Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática											
Profesor coordinador (si hay más de uno)												
Competencias (ver tabla)												
	Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas FB	Marcar con una "X"	Competencias Específicas CRI	Marcar con una "X"	Competencias Específicas TE	Marcar con una "X"
	CB1	X	CG1	X	CT1	X	CEFB1		CECRI1		CETE1	X
	CB2	X	CG2	X	CT2	X	CEFB2		CECRI2		CETE2	X
	CB3	X	CG3	X	CT3	X	CEFB3		CECRI3		CETE3	
	CB4	X	CG4	X	CT4	X	CEFB4		CECRI4		CETE4	
	CB5	X	CG5	X	CT5	X	CEFB5		CECRI5		CETE5	
			CG6	X	CT6	X	CEFB6		CECRI6		CETE6	
			CG7	X	CT7	X			CECRI7		CETE7	
			CG8	X	CT8	X			CECRI8		CETE8	
			CG9	X	CT9	X			CECRI9		CETE9	
			CG10	X	CT10	X			CECRI10		CETE10	
			CG11	X					CECRI11		CETE11	
									CECRI12			
Temas y contenidos												
Breve descripción del contenido												
<p>Análisis en régimen permanente de máquinas eléctricas rotativas. Máquinas de corriente alterna: Máquina asíncrona o de inducción. Máquina síncrona. Máquinas de corriente continua.</p>												

Temario de la asignatura

Denominación del tema 1: **ASPECTOS GENERALES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS**

Contenidos del tema 1:

1. Fundamentos de la conversión electromecánica:
 - a. Ley de Faraday-Lenz: Generador elemental.
 - b. Ley de Laplace: Motor elemental.
 - c. Reversibilidad. Simultaneidad de la acción generadora y motora.
2. Clasificación general de las máquinas rotativas. Aspectos constructivos.
3. Máquina multipolar: velocidad y pulsación. Ángulos eléctricos y mecánicos.
4. Aspectos tecnológicos de las máquinas rotativas: grados de protección, grados de aislamiento, potencia asignada, calentamiento y refrigeración, clases de servicio.

Actividades prácticas:

Práctica de laboratorio LAB1: Constitución y funcionamiento de las máquinas rotativas.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Denominación del tema 2: **LA MÁQUINA ROTATIVA DE CORRIENTE CONTINUA**

Contenidos del tema 2:

1. Aspectos constructivos. El colector de delgas. Devanados de inducido.
2. Principio de funcionamiento de la máquina de corriente continua: funcionamiento como generador y como motor.
3. Reacción de inducido.
4. Generadores de corriente continua.
 - a. Circuito equivalente y balance de potencias.
 - b. Sistemas de excitación del generador de corriente continua.
 - c. Curvas características de funcionamiento de los generadores de corriente continua.
5. Motores de corriente continua.
 - a. Circuito equivalente y balance de potencias.
 - b. Sistemas de excitación del motor de corriente continua.
 - c. Características de servicio del motor de corriente continua con excitación independiente o derivación. Regulación de velocidad.

Actividades prácticas:

Práctica de laboratorio LAB2: Funcionamiento del generador de corriente continua con excitación independiente. Estudio de la característica de vacío. Funcionamiento del motor de corriente continua con excitación derivación. Regulación de velocidad.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Práctica de informática INF1: Modelo de la máquina de corriente continua en Matlab/Simulink.

Duración: 1 hora (1 sesión).

Seminario SEM1: Resolución de problemas de la máquina de corriente continua.

Duración: 1,5 horas (1 sesión).

Denominación del tema 3: **LA MÁQUINA ROTATIVA DE CORRIENTE ALTERNA**

Contenidos del tema 3:

1. Principio de funcionamiento de las máquinas rotativas de corriente alterna. Teorema de Ferraris.
2. Fuerza electromotriz en las fases de un bobinado distribuido de corriente alterna. Factores de corrección.
3. Clasificación de las máquinas rotativas de corriente alterna. Deslizamiento.

Actividades prácticas:

Práctica de informática INF2: Simulación del Teorema de Ferraris.

Duración: 1 hora (1 sesión).

Denominación del tema 4: **LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN**

Contenidos del tema 4:

1. Aspectos constructivos.
2. Principio de funcionamiento de la máquina de inducción: funcionamiento como motor, transformador, generador y freno.
3. Circuito equivalente de la máquina real.
4. Circuito equivalente a frecuencia única.
5. Balance de potencias.
6. Curvas par-deslizamiento y par-velocidad.
7. Ensayos.
8. Arranque de motores de inducción.
 - a. Arranque directo
 - b. Arranque por autotransformador
 - c. Arranque estrella-triángulo
 - d. Arranque por inserción de resistencias rotóricas
 - e. Arranque con convertidores electrónicos
9. Control de velocidad en un motor de inducción.
10. Motor de inducción monofásico.
11. Generador asíncrono.

Actividades prácticas:

Práctica de laboratorio LAB3: Ensayos de la máquina asíncrona.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Seminario SEM2: Resolución de problemas de la máquina asíncrona.

Duración: 1,5 horas (1 sesión).

Denominación del tema 5: **LA MÁQUINA SÍNCRONA**

Contenidos del tema 5:

1. Aspectos constructivos. Sistema de excitación.
2. Principio de funcionamiento de la máquina síncrona: funcionamiento como generador y como motor.
3. Funcionamiento del alternador en vacío y en carga. Reacción de inducido.
4. Diagrama vectorial y circuito equivalente.
 - a. Máquina síncrona con rotor liso.
 - b. Máquina síncrona con rotor de polos salientes.
5. Características de vacío y cortocircuito de la máquina síncrona. Determinación de la impedancia síncrona.
6. Cálculo de potencia activa y reactiva en un alternador.
 - a. Máquina síncrona con rotor liso.
 - b. Máquina síncrona con rotor de polos salientes.
7. El generador síncrono en funcionamiento aislado.
8. El generador síncrono acoplado a una red de potencia infinita.
9. Diagrama de límites de funcionamiento de una máquina síncrona.
10. Motor síncrono. Máquina síncrona de imanes permanentes.
11. Transitorio de cortocircuito de una máquina síncrona.

Actividades prácticas:

Práctica de laboratorio LAB4: Funcionamiento de la máquina síncrona como generador: Estudio de la curva de vacío. Puesta en carga y cálculo de la regulación. Estudio de la característica exterior. Duración: 2 horas (1 sesión).

Práctica de laboratorio LAB5: Relaciones velocidad-frecuencia en máquinas rotativas.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Práctica de laboratorio LAB6: Ensayos de la máquina síncrona.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Práctica de laboratorio LAB7: Generador síncrono en funcionamiento aislado. Regulación de tensión y velocidad.

Duración: 2 horas (1 sesión).

Seminario SEM3: Resolución de problemas de la máquina síncrona.

Duración: 1,5 horas (1 sesión).

Actividades formativas							
Horas de trabajo del alumno por tema		Presencial					No presencial
Tema/Evaluación	Total	GG	S	O	L	TP	EP
1	7	2			2		3
2	29,5	6	1,5	1	2	3	16
3	6	2		1			3
4	35,5	8	1,5		2		24
5	48,5	9	1,5		8		30
Evaluación del conjunto	23,5	3			2		18,5
Total	150	30	4,5	2	16	3	94,5
GG: Grupo Grande (100 estudiantes). S: Seminario (clases de problemas, seminarios, casos prácticos = 40 estudiantes). O: Ordenador (prácticas en sala de ordenadores = 30 estudiantes). L: Laboratorio (prácticas de laboratorio o de campo = 15 estudiantes). TP: Tutorías programadas (seguimiento docente tipo tutorías ECTS). EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo y lectura de bibliografía.							
Metodología							
De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:							
Metodologías docentes						Se indican con una "X" las utilizadas	
1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos						X	
2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos						X	
3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes						X	
4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos						X	
5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante						X	
6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo						X	
7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos						X	
8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.						X	

Resultados de aprendizaje

Adquirir una visión generalizada de los principios de conversión electromecánica, y los conocimientos de Teoría General de Máquinas Eléctricas necesarios para aplicarlos al cálculo y diseño máquinas rotativas.

Analizar el principio de funcionamiento y reversibilidad de las máquinas eléctricas rotativas. Identificar las máquinas eléctricas rotativas presentes habitualmente en un sistema de energía eléctrica.

Manejar adecuadamente la instrumentación y material de laboratorio necesarios para realizar ensayos y puesta en carga de máquinas eléctricas.

Conocer programas de simulación que permitan analizar el funcionamiento de las máquinas.

Sistemas de evaluación

Criterios de evaluación

CE1. Ser capaz de identificar las máquinas eléctricas rotativas y saber interpretar sus placas de características.

Relacionado con las competencias CB1, CB3, CB5, CG3, CG5, CG6, CG10, CG11, CT1, CT3, CT4, CT7, CETE1, CETE2.

CE2. Demostrar el conocimiento de los aspectos constructivos, diseño y principio de funcionamiento de las máquinas rotativas.

Relacionado con las competencias CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CG3, CG4, CG11, CT1, CETE1, CETE2.

CE3. Ser capaz de analizar las máquinas eléctricas rotativas en régimen permanente y de realizar un balance energético de las mismas, calculando pérdidas y rendimiento.

Relacionado con las competencias CB1, CB2, CB5, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG11, CT1, CT2, CT3, CT6, CT8, CT9, CT10, CETE1, CETE2.

CE4. Demostrar conocimiento teórico y práctico de los métodos de ensayo de las máquinas rotativas para determinar sus parámetros internos.

Relacionado con las competencias CB1, CB2, CB5, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10, CETE1, CETE2.

CE5. Demostrar tener conocimiento de los métodos de arranque y control de velocidad de las máquinas eléctricas rotativas.

Relacionado con las competencias CB1, CB2, CB5, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT6, CT8, CT9, CT10, CETE1, CETE2.

CE6. Ser capaz de manejar la instrumentación y material de laboratorio previstos en las prácticas de la asignatura y demostrar conocimiento de los programas de simulación que se utilicen en la práctica de informática de la asignatura.

Relacionado con las competencias CB1, CB5, CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT7, CETE1, CETE2.

Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido en la memoria verificada	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global (*)
1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios.	0%-80%	80%	80%	65%
2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.	0%-50%			
3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS).	0%-50%	20%	20% (NO RECUPERABLE)	35%
4. Participación activa en clase.	0%-10%			---
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%-10%			---

(*) El estudiante comunicará al profesor por escrito el tipo de evaluación elegido en las tres primeras semanas de cada semestre y el profesor remitirá la correspondiente relación a la Comisión de Calidad de la Titulación. Cuando un estudiante no realice esta comunicación, se entenderá que opta por la evaluación continua. Una vez elegido el tipo de evaluación, el estudiante no podrá cambiar en la convocatoria ordinaria de ese semestre y se atendrá a la normativa de evaluación para la convocatoria extraordinaria.

Descripción de las actividades de evaluación

POR MOTIVOS DE SEGURIDAD, LA ASISTENCIA A CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO ESTARÁ CONDICIONADA POR LA SUPERACIÓN DE UN TEST PREVIO SOBRE CUESTIONES BÁSICAS RELACIONADAS CON LA PRÁCTICA. SERÁ IMPRESCINDIBLE TRAER IMPRESO EL GUIÓN DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO/INFORMÁTICA A LA SESIÓN CORRESPONDIENTE.

EVALUACIÓN CONTINUA

ACTIVIDAD 1 (RECUPERABLE en la convocatoria extraordinaria):

1.1.- Prueba final-Examen escrito (65% de la nota final)

El examen escrito constará de 3 partes:

1. Máquina de corriente continua
2. Máquina asíncrona
3. Máquinas síncrona

Cada parte, que constará de cuestiones teóricas y/o prácticas, se calificará entre 0 y 10 puntos. Podrá hacerse media entre las partes a partir de una calificación no inferior a 4 puntos, siendo necesaria, una nota media de **5 puntos para superar este examen.**

1.2.- Prueba final-Examen práctico (15% de la nota final)

Los alumnos que superen el examen escrito serán convocados a un examen práctico de la asignatura, consistente en el montaje de una práctica similar a las realizadas en el laboratorio o aula de informática a lo largo del curso. Este examen se calificará entre 0 y 10 puntos según la aptitud demostrada y contribuirá con un **10%** en la calificación final de la asignatura. Será necesario obtener una calificación igual o superior a **5 puntos para superar este examen.**

El alumno entregará la memoria de la práctica de laboratorio/informática que le ha correspondido en el examen práctico. Esta memoria será calificada entre 0 y 10 puntos, contribuyendo con un **5%** en la calificación final de la asignatura. Si el alumno no asistió a esa práctica cuando fue convocada por causa injustificada, tendrá 0 puntos en esta prueba.

ACTIVIDAD 3 (NO RECUPERABLE en la convocatoria extraordinaria. La calificación obtenida en la convocatoria ordinaria será sumada a la nota final de la convocatoria extraordinaria):

3.1.- Resolución de ejercicios/problemas (10% de la nota final)

Se propondrán 3 ejercicios escritos de 1 hora de duración cada uno, tras finalizar los temas 2, 4 y 5. Estas pruebas serán calificadas entre 0 y 10 puntos, contribuyendo con un **10%** en la calificación final de la asignatura.

3.2.- Proyecto ABP Individual o Coordinado (10% de la nota final)

La defensa individual y/o grupal de un Proyecto individual o Proyecto Coordinado será calificada entre 0 y 10 puntos, contribuyendo con un **10%** en la calificación final de la asignatura.

Los alumnos que no superen la actividad 1.1, tendrán como nota final de la asignatura el mínimo entre 4 y la calificación obtenida en la actividad 1.1.

Los alumnos que, superando la actividad 1.1 no superen el examen práctico de la actividad 1.2, tendrán como nota final de la asignatura el mínimo entre 4,5 y la calificación obtenida a partir de las actividades 1.1 y 1.2 valoradas con su correspondiente ponderación.

EVALUACIÓN GLOBAL

La **evaluación global** tendrá lugar el mismo día asignado al examen final de cada convocatoria por la Subdirección de Ordenación Académica de la E.II.II. Constará de las siguientes pruebas:

ACTIVIDAD 1 (RECUPERABLE en la convocatoria extraordinaria):

Prueba final-Examen escrito (65% de la nota final)

El examen escrito constará de 3 partes:

1. Máquina de corriente continua
2. Máquina asíncrona
3. Máquinas síncrona

Cada parte, que constará de cuestiones teóricas y/o prácticas, se calificará entre 0 y 10 puntos. Podrá hacerse media entre las partes a partir de una calificación no inferior a 4 puntos, siendo necesaria, una nota media de **5 puntos para superar este examen**.

ACTIVIDAD 3 (RECUPERABLE en la convocatoria extraordinaria):

Prueba de laboratorio/informática (35% de la nota final)

Prueba consistente en el montaje de una práctica similar a las realizadas en el laboratorio o aula de informática a lo largo del curso y la resolución de una memoria técnica sobre la práctica. Esta prueba se calificará entre 0 y 10 puntos según la aptitud demostrada y contribuirá con un **35%** en la calificación final de la asignatura. Será necesario obtener una calificación igual o superior a **5 puntos para superar este examen**.

Los alumnos que no superen la actividad 1 y/o la actividad 3, tendrán como nota final de la asignatura el mínimo entre 4 y la calificación obtenida a partir de las actividades 1 y 3 valoradas con su correspondiente ponderación.

Bibliografía

Bibliografía básica

1. Fraile, J. *Máquinas Eléctricas*. Mc Graw-Hill; Madrid, 2008 (6ª edición)
2. Sanz Feito, J. *Máquinas eléctricas*. Prentice Hall; Madrid, 2002

Bibliografía complementaria

1. Chapman, S. *Máquinas Eléctricas*. Mc Graw-Hill L; Madrid, 2000 (3ª edición)
2. J. Fraile, J. Fraile. *Problemas de Máquinas Eléctricas*. McGraw-Hill; Madrid. 2005.
3. Cortés, M.; Corrales, J.; Enseñat, A. *Teoría general de Máquinas Eléctricas*. Universidad Nacional de Educación a distancia; Madrid, 1991 (3ª edición)
4. UNE-EN 60034-1:2011. *Máquinas eléctricas rotativas. Características asignadas y características de funcionamiento*.
5. UNE-EN 60034-2-1:2009. *Máquinas eléctricas rotativas. Métodos normalizados para la determinación de las pérdidas y del rendimiento a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción)*.

Otros recursos y materiales docentes complementarios

1. <http://campusvirtual.unex.es/>
2. M. A. Rodríguez Pozueta. *Constitución de las Máquinas Eléctricas* (texto gratuito disponible en <http://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm>)
3. http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/drive_tech/motores/Pages/catalogosFolletos.aspx
4. <http://ecatalog.weg.net/>
5. <http://www.abb.es/product/es/9AAC133417.aspx?country=ES>

Horario de tutorías

Tutorías Programadas: El horario y lugar de las tutorías programadas se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente determinados por la Dirección del Centro.

Tutorías de libre acceso: El horario y lugar de las tutorías de libre acceso se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente aprobados por el Departamento.

Recomendaciones

1. **Se recomienda a los alumnos matricularse simultáneamente en *Máquinas Eléctricas y Electrónica de Potencia* para poder optar a realizar un Proyecto ABP Coordinado de las dos asignaturas.**
2. Asistencia a las clases teóricas de grupo grande y a las prácticas de laboratorio/informática.
3. Asistencia a los seminarios de resolución de dudas, problemas y supuestos prácticos y a las tutorías programadas.
4. Empleo de las tutorías de libre acceso para reforzar los conocimientos.
5. Realización de las pruebas escritas que se llevarán a cabo al finalizar los temas 2, 4 y 5 del programa, que contribuirán a la calificación final obtenida en la asignatura según se detalla en el apartado de Criterios de Evaluación.
6. Aunque no haya que entregar las memorias de las prácticas de laboratorio/informática, se recomienda hacerlas **tras la correspondiente sesión** para afianzar los conocimientos adquiridos. Además, en caso de evaluación continua, una de esas memorias deberá ser entregada el día del examen práctico y contribuirá a la calificación final obtenida en la asignatura según se detalla en el apartado de Criterios de Evaluación.
7. Complementación del estudio teórico consultando la bibliografía básica y complementaria propuesta.
8. Repaso de los conocimientos adquiridos en las asignaturas *Teoría de Circuitos y Máquinas Eléctricas y Análisis de Circuitos* sobre el manejo de la instrumentación y material de laboratorio, necesarios para realizar las prácticas de laboratorio incluidas en esta asignatura.