

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2020/2021

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			campusvirtual.unex.es				
Área de conocimiento	Ingeniería Eléctrica										
Departamento	Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática										
Profesor coordinador (si hay más de uno)											
Competencias* (ver tabla en http://bit.ly/competenciasGrados)											
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	
		CG12						CECRI12		CETFG	
Contenidos											
Análisis en régimen permanente de máquinas eléctricas rotativas.											

*Los apartados relativos a competencias, breve descripción del contenido, actividades formativas, metodologías docentes, resultados de aprendizaje y sistemas de evaluación deben ajustarse a lo recogido en la memoria verificada del título.

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.

Descripción de las actividades prácticas del tema 1:

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.

Descripción de las actividades prácticas del tema 2:

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.

Descripción de las actividades prácticas del tema 3:

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.

Descripción de las actividades prácticas del tema 4:

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.

Descripción de las actividades prácticas del tema 5:

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		Horas teóricas	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	PCH	LAB	ORD	SEM	TP	EP
1	7	2		2				3
2	29,5	6		2	1	1,5	3	16
3	6	2			1			3
4	35,5	8		2		1,5		24
5	48,5	9		8		1,5		30
Evaluación **	23,5	3		2				18,5
TOTAL	150	30		16	2	4,5	3	94,5

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).

PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)

SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes*

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
9. Visitas técnicas a instalaciones	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.

** Indicar el número total de horas de evaluación de esta asignatura.

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. Demostrar la comprensión de los principales conceptos de la asignatura, exponiendo con claridad y rigor los conocimientos adquiridos.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB1, CB2, CB4, CB5, CG1, CG2, CG5-CG7, CG11, CT3-CT5, CT6

CE2. Demostrar la capacidad técnica para analizar las máquinas eléctricas rotativas en régimen permanente.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB1-CB3, CB5, CG1,CG2, CG4-CG7, CG11, CT1-CT6, CT10

CE3. Ser capaz de realizar montajes experimentales para ensayar y analizar el funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB2, CB3, CG3-CG6, CT1-CT3, CT6.

CE4. Analizar críticamente y con rigor los resultados de las actividades prácticas.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB2-CB3, CG4-CG7, CT2, CT3, CT5, CT6, CT10

CE5. Participar activamente en las actividades grupales, demostrando capacidad de cooperación con el resto de integrantes del grupo y capacidad de liderazgo en las actividades que coordine.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB2, CB5, CG1,CG2,CG4, CG6, CG8-CG11 CT2, CT3, CT5, CT8, CT9

CE6. Desarrollar en equipo un proyecto a partir de unas especificaciones y ser capaz de realizar una presentación técnica del proyecto con concreción y claridad.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB2-CB5, CG1-CG4, CG6, CG8-CG11, CT1-CT4, CT7-CT10

CE7. Demostrar un adecuado manejo de la instrumentación y material de laboratorio, así como de los programas de simulación empleados en la asignatura.

Relacionado con las competencias CETE1, CETE2, CB2, CB5, CG3, CG6, CG11, CT1, CT4, CT5, CT7

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	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% NO RECUPERABLE	20% NO RECUPERABLE	35%
4. Participación activa en clase.	0%-10%			
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%-10%			

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 Y/O LA ENTREGA DE UN PRELAB. 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 (10% de la nota final)

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

Con esta actividad de evaluación los alumnos trabajan las competencias transversales de ENAEE CTE1 - Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo y CTE2 - Utilizar distintos métodos para comunicarse de forma efectiva con la comunidad de ingenieros y con la sociedad en general.

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 (básica y complementaria)

Bibliografía básica

1. **J. Fraile Mora, "Máquinas Eléctricas". 8ª Edición. Ed. Garceta. 2016. ISBN: 978-84-1622-866-9**
2. J. Sanz Feito, "Máquinas Eléctricas". Ed. Pearson Education. 2002. ISBN: 978-84-2053-391-9

Bibliografía complementaria

1. **J. Fraile Mora, J. Fraile Ardanuy, "Problemas de máquinas eléctricas". 2ª Edición. Ed. Garceta. 2015. ISBN: 978-84-1622-814-0**
2. S. Chapman, "Máquinas Eléctricas". 5ª Edición. Ed. McGraw-Hill. 2012. ISBN: 978-60-7150-724-2
3. S. Umans, A. Fitzgerald, C. Kingsley, "Electric Machinery". 7ª Edición. Ed. McGraw-Hill Higher Education, 2013. ISBN: 978-00-7742-850-1
4. M. Cortés Cherta, J. Corrales Martín, A. Enseñat Badia, "Teoría general de máquinas eléctricas" Ed. Universidad Nacional de Educación a Distancia. 1995. ISBN: 978-84-362-0638-8
5. UNE-EN 60034-1:2011 Máquinas Eléctricas Rotativas. Parte 1: Características asignadas y características de funcionamiento. AENOR. 2011
6. UNE-EN 60034-2-1:2014 Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2-1: Métodos normalizados para la determinación de las pérdidas y del rendimiento a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción). AENOR. 2014

Otros recursos y materiales docentes complementarios

1. <http://campusvirtual.unex.es/>
2. <http://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm>. Página web con material elaborado por M. A. Rodríguez Pozueta, Universidad de Cantabria.
3. <http://new.abb.com/motors-generators/es#>. Página web de ABB, fabricante de material eléctrico y soluciones energéticas
4. <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/components/motors/>. Página web de Alstom, empresa de equipos y servicios para el sector de transportes
5. <http://ecatalog.weg.net/>. Página web de WEG, empresa fabricante de motores y equipos eléctricos
6. <https://www.ingeteam.com/indar/es-es/inicio.aspx>. Página web de Indar, grupo Ingeteam, fabricante de máquinas eléctricas rotativas
7. <https://www.youtube.com/watch?v=QfNrEBODs3s>. Vídeo divulgativo sobre la fabricación de un motor eléctrico. Empresa de fabricación de motores Lancor

Vídeos de máquinas de corriente continua

8. <https://www.youtube.com/watch?v=ehJV2m27Ug8>. Vídeo de construcción del devanado de inducido de una máquina de corriente continua. Florida Bearings, división de la empresa de tecnología industrial KAMAN
9. <https://www.youtube.com/watch?v=YCCMXqN4954>. Vídeo de rebobinado de un motor de corriente continua. Rogers Electric & Machine
10. <https://www.youtube.com/watch?v=u5RN-EW0Cxs>. Vídeo de construcción de una máquina de corriente continua. HiTRAX
11. <https://www.youtube.com/watch?v=bGtJQoIcUDo>. Animación de la conmutación de un motor de corriente continua. Maxon

Vídeos de máquinas de corriente alterna

12. <http://www.aulamoisan.com/software-moisan/campos-magneticos>. Simulador del Teorema de Ferraris. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Valladolid.
13. <https://www.youtube.com/watch?v=KFY84ZiwEi0>. Vídeo de animación del campo magnético en una máquina de corriente alterna.
14. <https://www.youtube.com/watch?v=KFY84ZiwEi0>. Vídeo de animación del campo magnético giratorio. Teesside University

Vídeos de máquinas de corriente alterna asíncronas

15. <https://www.youtube.com/watch?v=h0GEuGzeWIU>. Vídeo de construcción de un motor asíncrono con rotor bobinado. BALDOR
16. https://www.youtube.com/watch?v=_65mXQ-GNVM. Vídeo de la fabricación del devanado del estator y del rotor de un motor asíncrono con rotor bobinado para un submarino. KOFFLER
17. <https://www.youtube.com/watch?v=7MCEtARoOp0>. Vídeo de fabricación de un motor asíncrono de jaula de ardilla. J.R. Perreault & Fils Ltd.
18. <https://www.youtube.com/watch?v=pGUsbKfCILQ>. Vídeo explicativo del funcionamiento de un motor de inducción

Vídeos de máquinas de corriente alterna síncronas

19. https://www.youtube.com/watch?v=5qm7xnxT_Wk. Vídeo sobre la fabricación de un hidrogenerador. Yukon Energy
20. <https://www.youtube.com/watch?v=SK82rULkbac>. Vídeo sobre la construcción de un turbogenerador. Toshiba
21. <https://www.youtube.com/watch?v=tikH48EMgKE>. Vídeo explicativo sobre el principio de funcionamiento de un alternador
22. <https://www.youtube.com/watch?v=Vk2jDXxZIhs>. Vídeo explicativo sobre el principio de funcionamiento de un motor síncrono