



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

55000206 - Control De Maquinas Electricas

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingenieria En Tecnologias Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	11

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	55000206 - Control de Maquinas Electricas
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05TI - Grado en Ingenieria en Tecnologias Industriales
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Dionisio Ramirez Prieto	3er piso UD ME	dionisio.ramirez@upm.es	M - 12:30 - 14:30 X - 12:30 - 14:30 J - 12:30 - 14:30
Jaime Rodriguez Arribas (Coordinador/a)	3er piso UD ME	jaime.rodriguez@upm.es	M - 12:30 - 14:30 X - 12:30 - 14:30 J - 12:30 - 14:30

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Maquinas Electricas
- Electronica De Potencia
- Maquinas Electricas Ii

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingenieria en Tecnologias Industriales no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE22B - Conocimientos sobre control de máquinas y accionamientos eléctricos y sus aplicaciones.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA131 - Conocimiento del comportamiento de las máquinas síncronas y de reluctancia así como del diseño de un accionamiento industrial que contiene estas máquinas.

RA132 - Disponer de criterios de selección de topologías y estrategias de control para los accionamientos industriales, dependiendo de los requerimientos.

RA133 - Reforzar el conocimiento práctico (lab) de la operación y manejo de diferentes máquinas eléctricas.

RA128 - Se pretende que el alumno adquiera unos conocimientos básicos sobre los accionamientos eléctricos y que consolide y refuerce sus conocimientos sobre los motores más extendidos en la industria: las Máquinas Asíncronas y las Máquinas de Corriente Continua.

RA129 - Conocimiento de cómo se integra el motor eléctrico en un accionamiento industrial (del tipo bombeo y ventilación, elevación, máquinas herramienta, etc) y cómo se maneja el conjunto del accionamiento (convertidor + motor + carga + sistema de control).

RA130 - Conocimiento sobre el control de las máquinas asíncronas mediante vectores espaciales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Existen tres módulos en la asignatura de Control de Máquinas Eléctricas. El primero dedicado al estudio del conjunto de un accionamiento eléctrico industrial, integrado no solo por el motor eléctrico sino también por el mecanismo al que acciona, el sistema de transmisión mecánica que haya, con o sin multiplicadora de velocidad, etc.

En el segundo y tercer módulo se profundiza respectivamente en el motor asíncrono y el motor síncrono de imanes permanentes. En estos dos módulos se estudia un modelo dinámico de la máquina basado en la teoría de los vectores espaciales, y se profundiza tanto en el convertidor electrónico que suele haber entre la fuente de alimentación y el motor (DC/AC, DC/DC, etc), así como en el sistema de control que gobierna al conjunto del accionamiento, normalmente programado en un DSP o un microcontrolador.

Para intentar conseguir un mejor aprovechamiento del curso se programan tres prácticas de laboratorio y se propone al alumno realizar 2 trabajos de simulación que en conjunto permiten realizar un ejercicio de tipo práctico que complementa el estudio teórico previo y permite alcanzar más rápido y mejor los objetivos de aprendizaje de la asignatura.

5.2. Temario de la asignatura

1. MODULO I (12h) Accionamientos eléctricos industriales

1.1. Introducción, definición, componentes y tipos de accionamientos eléctricos

1.2. Reducción del mecanismo y del sistema de transmisión al eje del motor. Ejemplo de un accionamiento tipo Grúa.

1.3. Características mecánicas de las máquinas eléctricas y de los mecanismos. Tipos de pares de resistencia. Punto de funcionamiento. Estabilidad.

1.4. Regímenes de funcionamiento de las máquinas eléctricas. Análisis de los flujos de potencia mecánica y eléctrica. Evaluación de las pérdidas en el accionamiento a partir de la característica mecánica. Pérdidas en los transitorios.

1.5. Modelos simplificados de las máquinas de corriente continua, asíncronas y síncronas. Análisis de los regímenes transitorios de aceleración y aplicación del par de carga.

1.6. Oscilogramas y gráficos en las coordenadas velocidad-par para diferentes ciclos de trabajo de los distintos accionamientos eléctricos.

2. MODULO II (28h) Control vectorial de Máquinas Asíncronas

- 2.1. Introducción. Repaso del Control escalar de un motor asíncrono
- 2.2. Introducción a los vectores espaciales
- 2.3. Modelo de la M.A. en vectores espaciales
- 2.4. Sistemas de control vectorial clásicos
- 2.5. Control directo de par (DTC)
- 2.6. Aplicación industriales del control vectorial de una MA (generación eólica, control de tracción de VE, accionamientos de bombeo, etc)

3. MODULO III (22h) Control vectorial de Máquinas Síncronas

- 3.1. Modelo en vectores espaciales de la máquina síncrona.
- 3.2. Esquemas de regulación para máquinas síncronas
- 3.3. Principios de funcionamiento y accionamiento de máquinas de reluctancia conmutada.
- 3.4. Aplicación en accionamientos industriales de máquinas síncronas y máquinas de reluctancia conmutada (generación eólica, motores de tracción, etc).

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Módulo 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Módulo 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Módulo 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Módulo 2 Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 1 Balance de potencias con tres máquinas y curvas características mecánicas. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	Módulo 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Módulo 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			PEC1 (Control sobre los contenidos del Módulo 1 Accionamientos) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
7	Módulo 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 2. Control vectorial de motor asíncrono aplicado a la tracción de VEs. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	Módulo 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	Módulo 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Presentaciones orales de trabajos en grupo. Trabajo 1. Control sobre accionamientos con MA PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
10	Módulo 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

11	Módulo 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			PEC2 Control sobre los contenidos del Módulo 2. Control vectorial de MA EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
12	Módulo 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 3. Programación de un DSP industrial y control de un Inversor. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	Módulo 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	Módulo 3 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Presentaciones Trabajo 2. Control de Accionamientos con MS TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 03:00
15				PEC 3 Evaluación teórica de los contenidos del Módulo 3 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:40
16				Examen de problemas de toda la asignatura EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00
17				Examen de toda la teoría EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	PEC1 (Control sobre los contenidos del Módulo 1 Accionamientos)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	10%	3 / 10	CG1 CE22B
9	Presentaciones orales de trabajos en grupo. Trabajo 1. Control sobre accionamientos con MA	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	03:00	10%	3 / 10	CG4 CG5 CG6 CG7 CG10
11	PEC2 Control sobre los contenidos del Módulo 2. Control vectorial de MA	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	10%	3 / 10	CG2 CG3
14	Presentaciones Trabajo 2. Control de Accionamientos con MS	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	03:00	10%	3 / 10	CG4 CG5 CG7 CG10
15	PEC 3 Evaluación teórica de los contenidos del Módulo 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:40	10%	/ 10	CG1 CG2 CE22B
16	Examen de problemas de toda la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	3 / 10	CG1 CG2 CG3 CG5 CE22B

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen de problemas de toda la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	3 / 10	CG1 CG2 CG3 CG5 CE22B

17	Examen de toda la teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	50%	3 / 10	CG1 CG2 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 CE22B
----	--------------------------	--	------------	-------	-----	--------	---

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Si bien no se elimina el examen final de la asignatura, el procedimiento de evaluación está enfocado a que el trabajo realizado durante el curso tenga una repercusión importante en la calificación final. Para ello se va a otorgar un peso del 50% a la nota que se obtenga por las actividades propuestas en clase T (Teoría-Trabajos) y un 50% a la nota del examen de problemas P, para la configuración de la nota de evaluación continua EC:

$$EC = 0,50 \times T + 0,50 \times P$$

Dado que la participación en las actividades propuestas en el curso tienen un carácter voluntario, la calificación final se obtendrá como el máximo de las notas del examen final F y de la evaluación continua EC:

$$\text{Calificación final} = \text{Max} (F, EC)$$

La fórmula de evaluación continua sólo es válida en la convocatoria de Junio. A continuación se presenta de forma detallada el sistema de puntuación de las actividades concretas y del examen final:

1. Nota de clase T. Está compuesta por las siguientes partes:

- Control sobre accionamientos (hasta 2 puntos de T)
- Control sobre el modelo y control vectorial de MA (hasta 2 puntos de T)

- Control sobre el modelo y control vectorial de MS (hasta 2 puntos de T) (la fecha coincidirá con la del examen final en convocatoria ordinaria)

- Trabajo en grupo 1 (control de accionamientos con MA) (hasta 2 puntos de T)

- Trabajo en grupo 2 (control de accionamientos con MS) (hasta 2 puntos de T)

2. Nota de problemas P: problemas de los 3 módulos de la asignatura

El examen final F tiene dos partes claramente diferenciadas, una de teoría de los tres módulos y otra con los problemas de los 3 módulos de la asignatura (se debe obtener al menos 3 ptos de 10 en cada parte del examen final).

En cualquier caso, para aprobar la asignatura es totalmente necesario aprobar las prácticas de **Laboratorio**

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Entrega de problemas de nivel examen	Recursos web	Para ayudar a preparar la asignatura, a lo largo del curso se propone al alumno que realice 2 problemas de exámenes antiguos (parte de accionamientos y parte de Control de MA)
Visita técnica a instalación industrial	Otros	Se procura realizar una visita técnica a una instalación industrial significativa para que el alumno pueda tomar contacto con la realidad de este tipo de instalación (aeropuerto, industria papelera, talleres de metro, etc)

Material Docente de respaldo	Recursos web	En la plataforma AULAWEB se ofrece información para el alumno: exámenes resueltos, apuntes elaborados por el profesor, una colección de problemas resueltos (módulo 1), guiones de prácticas y referencias bibliográficas.
Plataforma online Teams	Recursos web	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Debido a la crisis sanitaria mundial que aún atravesamos en el año 2021, y aunque no es la intención original, es posible que algunas sesiones de carácter teórico se desarrollen de forma no presencial a través de plataformas de enseñanza online como Skype o Teams. Las sesiones prácticas se intentarán realizar también de forma presencial a no ser que lo impidan las recomendaciones sanitarias existentes en ese momento.

La asignatura "Control de Máquinas Eléctricas" trata con varios ejemplos de aplicaciones que permiten trabajar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como el ODS 3 "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades" (la aplicación a tracción eléctrica contribuye firmemente a la reducción de la contaminación atmosférica y acústica en núcleos urbanos, con la repercusión que eso tiene en diversas patologías para sus habitantes), el ODS 7 "Energía asequible y no contaminante" (generación eólica y undimotriz), y el ODS 13 "Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos" (movilidad eléctrica y generación limpia contribuyen a luchar contra el cambio climático).