



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

# GUIA DOCENTE

CURSO 2023-24

## MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

### DATOS DE LA ASIGNATURA

**Nombre:**

TRACCIÓN ELÉCTRICA

**Denominación en Inglés:**

Electrical Traction Systems

**Código:**

1140322

**Tipo Docencia:**

Presencial

**Carácter:**

Optativa

**Horas:**

**Totales**

**Presenciales**

**No Presenciales**

**Trabajo Estimado**

125

50

75

**Créditos:**

**Grupos Grandes**

**Grupos Reducidos**

**Aula estándar**

**Laboratorio**

**Prácticas de campo**

**Aula de informática**

3.75

0

1.25

0

0

**Departamentos:**

ING.ELECT. Y TERMICA, DE DISEÑO Y PROY.

**Áreas de Conocimiento:**

INGENIERIA ELECTRICA

**Curso:**

2º - Segundo

**Cuatrimestre**

Segundo cuatrimestre

## DATOS DEL PROFESORADO (\*Profesorado coordinador de la asignatura)

Nombre:	E-mail:	Teléfono:
* Juan Perez Torreglosa	juan.perez@die.uhu.es	959 217 591

### Datos adicionales del profesorado (Tutorías, Horarios, Despachos, etc... )

Despacho 327 (Edificio ETSI)

Teléfono: 959217591

Email: [juan.perez@die.uhu.es](mailto:juan.perez@die.uhu.es)

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### 1. Descripción de Contenidos:

#### 1.1 Breve descripción (en Castellano):

Motores de tracción. Modelos dinámicos y estrategia de control. Frenado eléctrico. El circuito eléctrico de tracción, líneas y sistemas de protección, regulación y control. Vehículos eléctricos. Sistemas de almacenamiento de energía.

#### 1.2 Breve descripción (en Inglés):

Electric drives. Dynamical models and control strategies. Electrical braking. Electrical installations for traction systems, protection, regulation and control. Electric vehicles. Energy storage systems.

### 2. Situación de la asignatura:

#### 2.1 Contexto dentro de la titulación:

Esta materia es de carácter optativo y se imparte en el último curso del Master. Constituye una de las asignaturas específicas del bloque de optatividad en Ingeniería Eléctrica. Por sus contenidos, esta asignatura aportará conocimientos tecnológicos avanzados orientados a obtener el máximo aprovechamiento de las máquinas y los accionamientos eléctricos aplicados a la tracción eléctrica; aplicando las últimas tecnologías de convertidores electrónicos de potencia y sistemas de control, así como de diseño y mantenimiento de las infraestructuras correspondientes para su correcto funcionamiento. Es igualmente una asignatura adecuada para la realización de trabajos y proyectos completos que permitan al alumno proyectarse hacia el ya cercano ejercicio profesional.

#### 2.2 Recomendaciones

Para un óptimo aprovechamiento de la asignatura, el alumno debe de haber adquirido unos conocimientos previos en las asignaturas de "Instalaciones y Máquinas Eléctricas" y "Tecnología Eléctrica", sobre el comportamiento de cada tipo de máquina y de los sistemas eléctricos correspondientes. Y en la asignatura de "Tecnología Electrónica y Automática", respecto a los distintos dispositivos electrónicos de potencia aplicables y los métodos generales de control y modelado de sistemas. Además, se recomienda tener cierta soltura en el manejo de Matlab y, específicamente, en su entorno de programación visual Simulink.

### 3. Objetivos (resultado del aprendizaje, y/o habilidades o destrezas y conocimientos):

#### Habilidades o Destrezas

Conoce las características, modelos y estrategias de control de los motores eléctricos utilizados

para tracción. Conoce los circuitos eléctricos, líneas y sistemas de protección en sistemas de tracción eléctrica. Conoce el funcionamiento y diferentes configuraciones de vehículos eléctricos y los sistemas de almacenamiento de energía que se utilizan para los mismos. (HD23)

### **Conocimientos**

Motores de tracción. Modelos dinámicos y estrategia de control. Frenado eléctrico. El circuito eléctrico de tracción, líneas y sistemas de protección, regulación y control. Vehículos eléctricos. Sistemas de almacenamiento de energía. (C23)

## **4. Competencias a adquirir por los estudiantes**

### 4.1 Competencias específicas:

-

### 4.2 Competencias básicas, generales o transversales:

**CB10:** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

**CB6:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

**CG02:** Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.

**CG04:** Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.

**CG08:** Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

**CT3:** Desarrollar una actitud y una aptitud de búsqueda permanente de la excelencia en el quehacer académico y en el ejercicio profesional futuro.

**TC1:** Gestionar adecuadamente la información adquirida expresando conocimientos avanzados y demostrando, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en el campo de estudio.

## **5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes**

### 5.1 Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa
- Sesiones de Resolución de Problemas
- Sesiones Prácticas en Laboratorios Especializados o en Aulas de Informática

- Sesiones de Campo de aproximación a la realidad Industrial
- Actividades Académicamente Dirigidas por el Profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, tutorías colectivas,...
- Actividades de Evaluación y Autoevaluación
- Trabajo Individual/Autónomo del Estudiante

#### 5.2 Metodologías Docentes:

- MD1 Clase Magistral Participativa
- MD2 Desarrollo de Prácticas en Laboratorios Especializados o Aulas de Informática en grupos reducidos
- MD4 Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos
- MD5 Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes
- MD6 Planteamiento, Realización, Tutorización y Presentación de Trabajos
- MD7 Conferencias y Seminarios
- MD8 Evaluaciones y Exámenes

#### 5.3 Desarrollo y Justificación:

- Sesiones académicas teóricas: como medio de ofrecer una visión general y sistemática de los temas, destacando los aspectos más importantes de los mismos e intercalando ejercicios entre las explicaciones teóricas cuando se estime oportuno. Estas sesiones teóricas se impartirán de manera regular al inicio de cada tema. En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias TC1 y CT3.
- Sesiones académicas prácticas: Realización de montajes y ensayos de las máquinas estudiadas, en correlación con los conceptos teóricos impartidos. Desarrollo de prácticas de campo en grupos reducidos. En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias CG08, TC1 y CT3.
- Tutorías especializadas: Sesiones colectivas al final de cada bloque temático, para resolver dudas comunes y puntuales de forma activa y participativa por parte del alumno. Se proporcionará material de trabajo (apuntes, colecciones de ejercicios, etc.) al inicio de cada tema, para una adecuada previsión y planificación por parte del alumno. En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias CB10.
- Seminarios: Exposición y debate de trabajos propuestos, organizados en seminarios, en los que se practiquen las capacidades de trabajo en grupo, exposición, defensa y discusión de un tema o trabajo. En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias CG08, TC1 y CT3.
- Actividades de Evaluación y Autoevaluación: Al acabar cada sesión se habilitará en Moodle un cuestionario para evaluar la dificultad del contenido y para que cada alumno evalúe su propio aprendizaje (autoevaluación). En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias CG08 y

CB10.

- Trabajo autónomo del estudiante: A parte de los contenidos proporcionados en las sesiones presenciales, se facilitará a los alumnos el acceso a contenidos adicionales y actividades después de cada sesión para reforzar los conocimientos adquiridos así como otros contenidos de consulta previa a la sesión siguiente para nivelar los conocimientos. En su desarrollo se trabajará para adquirir las competencias TC01, CG08, CB10, CB6, CG02, CG04 y CT3.

## 6. Temario Desarrollado

### TEMA 1. ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS.

1. Concepto de accionamiento. 2. Aplicaciones y configuraciones básicas. 3.- Modelado de vehículos. 4. El problema de la tracción. 5. Parámetros de control. 6. Convertidores estáticos.

### TEMA 2. CONVERTIDORES DE POTENCIA PARA TRACCIÓN ELÉCTRICA.

1. Elementos básicos. 2. Clasificación de convertidores. 3. Características nominales y elementos de protección.

### TEMA 3. LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS EN RÉGIMEN DINÁMICO.

1. Dinámica de los motores de corriente continua. 2. Modos de funcionamiento y estrategias de control. 3. Configuraciones y métodos de control para máquinas de corriente continua. 4. Sistemas de referencia para máquinas de corriente alterna. 5. Motores de inducción. 6. Motores síncronos. 6. Configuraciones y métodos de control para máquinas de corriente alterna.

### TEMA 4. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

1. Evolución histórica. 2. Tipos de vehículos eléctricos. 3. Baterías para automoción. 4. Pilas de combustible. 5. Sistemas de almacenamiento y ciclos de conducción. 6. Consideraciones de diseño.

## 7. Bibliografía

### 7.1 Bibliografía básica:

1. Máquinas y accionamientos eléctricos . Faure Benito, R., Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2000.
2. Accionamientos eléctricos . Fraile Mora, J., & Fraile Ardanuy, J., Garceta, 2016.
3. "Máquinas Eléctricas". J. Fraile Mora. Ed. McGraw-Hill, 2008.
4. "Máquinas Eléctricas y Técnicas Modernas de Control". P. Ponce Cruz, J. Sampé López, Ed. Alfaomega, 2008.
5. "Analysis of Electric Machinery". P. C. Krause y otros. IEEE Press, 1995.

6. "Electrónica de Potencia: convertidores, aplicaciones y diseño". Mohan, Undeland, Robins. Ed. McGraw-Hill, 2009.
7. "Manual de Accionamientos Eléctricos", Tomos I y II. J. M. Merino Azcárraga. Ed. CADEM, 1998.
8. "La Tracción Eléctrica en la Alta Velocidad Ferroviaria". R. Faure Benito, Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2004.
9. "Máquinas y Accionamientos Eléctricos". R. Faure Benito, Ed. Fondo Editorial de Ingeniería Naval, 2000.
10. "Tecnología de la Electricidad del Automóvil". J. J. Martín Hernández, M. A. Pérez Belló, Ed. CIE Dossat 2000,2008.

#### 7.2 Bibliografía complementaria:

1. Power Electronics and Electric Drives for Traction Applications (1st ed.). Abad, G., John Wiley & Sons, Incorporated, 2016.
2. "Máquinas Eléctricas". S. J. Chapman. Ed. McGraw-Hill, 2005.
3. "Teoría General de Máquinas Eléctricas". M. Cortes Cherta, J. Corrales Martín, A. Enseñat Badía, UNED.
4. "Máquinas Eléctricas. Análisis y diseño aplicando Matlab". J. J. Cathey. McGraw-Hill, 2003.
5. "Electric Vehicle Technology Explained". J. Larminie, J. Lowry, Ed. John Wiley & Sons, 2003.
6. "Vector control of ac machines". P. Vas. Oxford University Press, 1990.
7. "Electrotecnia Práctica". F. J. Alcántara Benjumea, J. L. Flores Garrido, S. Pérez Litrán, A. Pérez Vallés, J. Prieto Thomas, J. Rodríguez Vázquez, P. Salmerón Revuelta, R. Sánchez Herrera. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, Colección Materiales para la Docencia nº 35, 2004.

## 8. Sistemas y criterios de evaluación

### 8.1 Sistemas de evaluación:

- Examen de Teoría/Problemas
- Defensa de Prácticas
- Defensa de Trabajos e Informes Escritos
- Seguimiento Individual del Estudiante

### 8.2 Criterios de evaluación relativos a cada convocatoria:

#### 8.2.1 Convocatoria I:

La evaluación de los conocimientos y competencias se realizarán a través de la realización de problemas, prácticas y trabajos relacionados con los bloques temáticos descritos anteriormente. El sistema de evaluación principal está basado en evaluación continua y se evalúan los siguientes ítems:

- Una vez finalizados 2 temas, se realizará un "Examen de Teoría/Problemas" consistente en una serie de preguntas acerca de los contenidos de los mismos. A este ítem se le dará un peso en la nota final de la asignatura del 50%. En éste se evaluarán las competencias TC1, CT3, CG02 y CG08.
- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20%. Las competencias a evaluar en el mismo son CB10 y CG08.
- A parte, cada alumno desarrollará un trabajo tutelado en el que aplicarán los conocimientos adquiridos para diseñar una aplicación de tracción eléctrica. Dicho trabajo tendrá un peso de un 20% en la nota final de la asignatura. Para la evaluación de dicho trabajo se tomará como criterio el desarrollo de las competencias CB6 y CG04.
- El seguimiento individual del Estudiante tendrá un peso del 10% en la nota final de la asignatura.

#### 8.2.2 Convocatoria II:

En la Convocatoria II se realizará la evaluación en un sólo acto académico compuesto de un Examen de Teoría y la Defensa de Prácticas. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas: 1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20%. La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

Los alumnos que tengan aprobadas las prácticas en la Convocatoria I pueden solicitar mantener la nota de esa parte y se les exime de realizar el Examen de Prácticas.

### 8.2.3 Convocatoria III:

En la Convocatoria III se realizará la evaluación en un sólo acto académico compuesto de un Examen de Teoría y la Defensa de Prácticas. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20%. La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

Los alumnos que tengan aprobadas las prácticas en la Convocatoria I pueden solicitar mantener la nota de esa parte y se les exime de realizar el Examen de Prácticas.

### 8.2.4 Convocatoria extraordinaria:

En la Convocatoria extraordinaria de noviembre se realizará la evaluación en un sólo acto académico compuesto de un Examen de Teoría y la Defensa de Prácticas. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20%. La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

Los alumnos que tengan aprobadas las prácticas en la Convocatoria I pueden solicitar mantener la nota de esa parte y se les exime de realizar el Examen de Prácticas.

## 8.3 Evaluación única final:

### 8.3.1 Convocatoria I:

El alumnado que se acoja a una evaluación única tendrán que realizar un sólo acto académico. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20% (2 puntos). La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

### 8.3.2 Convocatoria II:

El alumnado que se acoja a una evaluación única tendrán que realizar un sólo acto académico. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen

las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20% (2 puntos). La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

#### 8.3.3 Convocatoria III:

El alumnado que se acoja a una evaluación única tendrán que realizar un sólo acto académico. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20% (2 puntos). La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

#### 8.3.4 Convocatoria Extraordinaria:

El alumnado que se acoja a una evaluación única tendrán que realizar un sólo acto académico. Para superar la asignatura deberán obtener una puntuación total de cinco (5 puntos, 50%) con la condición de conseguir al menos un punto en la prueba de prácticas. A continuación se describen las pruebas:1.- La prueba escrita consistirá en la realización de un Examen de Teoría, consistente en la interpretación de una serie de cuestiones teóricas (8 puntos, 80%). Se realizará en un aula y la duración será de tres horas. 2.- Las prácticas se evaluarán mediante la entrega de informes de prácticas y la defensa de las mismas, lo cual tendrá un peso en la nota final de la asignatura del 20% (2 puntos). La defensa de las mismas se realizará al acabar el examen de teoría.

**9. Organización docente semanal orientativa:**

Fecha	Grupos Grandes	G. Reducidos				Pruebas y/o act. evaluables	Contenido desarrollado
		Aul. Est.	Lab.	P. Camp	Aul. Inf.		
19-02-2024	2.5	0	0	0	0		Tema 1
26-02-2024	2.5	0	2.5	0	0		
04-03-2024	2.5	0	0	0	0		Tema 2
11-03-2024	2.5	0	2.5	0	0		
18-03-2024	2.5	0	2.5	0	0		
01-04-2024	2.5	0	0	0	0	Examen teoría/problemas Temas 1 y 2	
08-04-2024	2.5	0	0	0	0		Tema 3
15-04-2024	2.5	0	0	0	0		
22-04-2024	2.5	0	0	0	0		
29-04-2024	2.5	0	0	0	0		
06-05-2024	2.5	0	0	0	0		Tema 4
13-05-2024	2.5	0	0	0	0		
20-05-2024	2.5	0	0	0	0		
27-05-2024	2.5	0	2.5	0	0	Examen teoría/problemas Temas 3 y 4	
03-06-2024	2.5	0	2.5	0	0	Defensa de trabajos / Defensa de prácticas	
<b>TOTAL</b>	<b>37.5</b>	<b>0</b>	<b>12.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		