



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energia

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65001012 - Electromagnetismo**

### PLAN DE ESTUDIOS

06RE - Grado en Ingeniería de los Recursos Energeticos, Combustibles y Explosivos

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer 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.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65001012 - electromagnetismo
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06RE - Grado en Ingeniería de los Recursos Energeticos, Combustibles y Explosivos
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Miguel Angel Porras Borrego	408	miguelangel.porras@upm.es	Sin horario.
Ana Isabel Bayon Rojo (Coordinador/a)	402	anaisabel.bayon@upm.es	Sin horario.
Rafael Medina Ferro	410	rafael.medina@upm.es	Sin horario.

Felix Jose Salazar Bloise	401	felixjose.salazar@upm.es	Sin horario.
---------------------------	-----	--------------------------	--------------

\* 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

- Calculo I
- Calculo Ii
- Fisica Ii

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Dominio de operaciones en campos escalares y vectoriales

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería de los Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos.

CG10 - Creatividad.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

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.

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

F17 - Conocimientos fundamentales sobre el sistema eléctrico de potencia: generación de energía, red de transporte, reparto y distribución, así como sobre tipos de líneas y conductores. Conocimiento de la normativa sobre baja y alta tensión. Conocimiento de electrónica básica y sistemas de control.

F8 - Comprensión de los conceptos de aleatoriedad de los fenómenos físicos, sociales y económicos, así como de incertidumbre.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA63 - Conocer los principios físicos de la teoría electromagnética y su aplicación a la resolución de problemas reales en ingeniería.

RA64 - Formular y comprender los modelos matemáticos que expresan las leyes del electromagnetismo.

RA65 - Comprender las leyes del electromagnetismo como base de las máquinas e instalaciones eléctricas.

RA66 - Adquirir técnicas para plantear, analizar y resolver problemas de electromagnetismo.

RA68 - Medir y analizar datos experimentales y su incertidumbre.

RA67 - Aplicar técnicas experimentales relacionadas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En Física se comienza por establecer unas leyes generales que nos permitan entender y describir el movimiento de los cuerpos. Conseguido esto, un segundo paso consiste en describir la causa o causas que dan lugar a los movimientos, a las que denominamos **interacciones**. El electromagnetismo es debido a la denominada interacción **electromagnética**, con origen en una propiedad asociada a la materia que denominamos "carga eléctrica". Posiblemente sea esta interacción, debido a su acción entre átomos y moléculas, unidades básicas en la composición de la materia, la más importante de las que por el momento son consideradas como responsables de los distintos fenómenos físicos. **Al estudio de esta interacción se dedica esta asignatura.** Se parte de las ecuaciones de Maxwell que describen por completo, junto con la fuerza de Lorentz, los fenómenos electromagnéticos. Primero se estudian los campos eléctricos y magnéticos en condiciones estacionarias, tanto en el vacío como en medios materiales. El programa continua con el estudio de los fenómenos de inducción electromagnética y corrientes variables. Finalmente, se presenta una introducción a la propagación de ondas electromagnéticas y a los principios de la relatividad restringida.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Ecuaciones de Maxwell
  - 1.1. Planteamiento del problema
  - 1.2. La interacción electromagnética
  - 1.3. Las ecuaciones de Maxwell
2. Electrostática y corriente eléctrica
  - 2.1. Carga y campo eléctricos
  - 2.2. Conductores
  - 2.3. Dieléctricos
  - 2.4. Condensadores. Energía
  - 2.5. Corriente continua
  - 2.6. Circuitos de corriente continua
3. Magnetostática y magnetismo de la materia
  - 3.1. El campo magnético
  - 3.2. La fuerza de Lorentz
  - 3.3. Campo magnético estacionario
  - 3.4. La ley de Ampère
  - 3.5. Los potenciales magnéticos
  - 3.6. La ley de Biot y Savart
  - 3.7. Fuerza sobre una corriente
  - 3.8. El magnetismo de la materia
  - 3.9. Corrientes de magnetización
  - 3.10. Campo magnético H
  - 3.11. Tipos de magnetismo. Susceptibilidad y permeabilidad magnéticas
  - 3.12. Ferromagnetismo. Aplicaciones
4. Inducción electromagnética
  - 4.1. Fuerza electromotriz inducida
  - 4.2. Inducción electromagnética debida al movimiento

- 4.3. Ley de Inducción de Faraday
- 4.4. Autoinducción
- 4.5. Inducción mutua
- 4.6. Energía magnética
- 4.7. Aplicaciones
- 5. Corrientes variables; corriente alterna
  - 5.1. Corrientes lentamente variables en elementos lineales
  - 5.2. Voltaje entre terminales de elementos básicos
  - 5.3. Régimen transitorio y permanente
  - 5.4. Corriente alterna en régimen permanente
- 6. Propagación de ondas electromagnéticas
  - 6.1. La ecuación de ondas para los campos eléctrico y magnético
  - 6.2. Energía de una onda electromagnética
  - 6.3. Intensidad de una onda electromagnética
- 7. Relatividad restringida
  - 7.1. Origen de la relatividad
  - 7.2. Postulados de Einstein
  - 7.3. Transformaciones de Lorentz y consecuencias
  - 7.4. Dinámica relativista

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>T1. Ecuaciones de Maxwell</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T1. Ecuaciones de Maxwell</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prueba de seguimiento (T1 y T2)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
7	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
9	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

10	<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
11	<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prueba de seguimiento (T3)</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
12	<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
13	<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
14	<b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T7. Relatividad restringida</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T7. Relatividad restringida</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
15		<b>Prácticas de Laboratorio (la semana de realización de las prácticas dependerá de los grupos de laboratorio)</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Prácticas de Laboratorio (la semana de realización de las prácticas dependerá de los grupos de laboratorio)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
16				<b>Evaluación del trabajo realizado en Laboratorio</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00
17				<b>Prueba global de evaluación (Examen final evaluación continua)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00  <b>Examen final, solo Evaluación Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:30

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	Prueba de seguimiento (T1 y T2)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	14%	0 / 10	CG1
11	Prueba de seguimiento (T3)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	16%	0 / 10	CG1
16	Evaluación del trabajo realizado en Laboratorio	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	01:00	10%	0 / 10	F8 CG1
17	Prueba global de evaluación (Examen final evaluación continua)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	0 / 10	CG2 CG3 CG6 CG10 F17 CG1

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Evaluación del trabajo realizado en Laboratorio	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	01:00	10%	0 / 10	F8 CG1
17	Examen final, solo Evaluación Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:30	90%	0 / 10	CG2 CG3 CG6 CG10 F17 CG1

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	90%	/ 10	CG2 CG3 CG6 CG10 F17 CG1
Laboratorio: calificación de laboratorio obtenida durante el curso o examen de prácticas (si se han incumplido los requisitos imprescindibles referidos al laboratorio)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:30	10%	/ 10	F8 CG1

## 7.2. Criterios de evaluación

### 1) CONVOCATORIA ORDINARIA

Para la convocatoria ordinaria, el alumno debe elegir entre evaluación continua o examen final. El sistema de evaluación continua se aplica con carácter general a todos los estudiantes. El alumno que desee seguir el sistema de evaluación mediante sólo prueba final deberá comunicarlo por escrito al responsable de la asignatura en el plazo improrrogable de dos semanas desde el comienzo de la misma. Esta elección de evaluación mediante prueba única, no eximirá al alumno de la realización en tiempo, lugar y modo programado de las prácticas de laboratorio, que serán coincidentes con las de los alumnos que se sometan a evaluación continua.

#### a) EVALUACIÓN CONTINUA

La evaluación continua consta de tres partes (LAB, AULA, GLOBAL), cada una de las cuáles será calificada de 0 a 10 puntos:

1) LAB: Realización de las prácticas de laboratorio y elaboración del informe de prácticas. Si LAB es mayor o igual a 5, se considerará superada esta parte para posteriores convocatorias.

2) AULA: Realización de cuestiones y ejercicios en las pruebas de seguimiento correspondientes a los bloques temáticos. Pueden incluirse calificaciones obtenidas mediante ejercicios de evaluación realizados a lo largo de las

clases regladas. La calificación "AULA" corresponderá al resultado conjunto de las actividades anteriormente mencionadas. Se podrá exigir un mínimo de asistencia a las clases y de resolución y entrega de ejercicios propuestos en el bloque de evaluación continua.

3) GLOBAL (examen final evaluación continua): Realización de un ejercicio teórico-práctico de la globalidad de la asignatura, con resolución razonada y correcta de las cuestiones que se propongan.

La nota final se calculará del siguiente modo:

$$\text{Nota final} = 0,10 \cdot \text{LAB} + 0,30 \cdot \text{AULA} + 0,6 \cdot \text{GLOBAL}$$

Para poder presentarse al ejercicio teórico-práctico final y obtener la calificación GLOBAL es requisito imprescindible la asistencia y realización de las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen. De incumplirse este requisito "Nota final" será "No presentado".

Para superar la asignatura, "Nota final" deberá ser igual o superior a 5.

#### **b) EVALUACIÓN MEDIANTE SÓLO PRUEBA FINAL**

La evaluación mediante sólo prueba final consistirá de dos partes, cada una de las cuáles será calificada de 0 a 10 puntos.

1) EXAMEN: Realización de un ejercicio teórico-práctico del conjunto de la asignatura.

2) LAB: Realización de las prácticas de laboratorio y elaboración del informe de prácticas. Si LAB es mayor o igual a 5, se considerará superada esta parte para posteriores convocatorias.

La calificación final de la asignatura será:

$$\text{Nota final} = 0,10 \cdot \text{LAB} + 0,90 \cdot \text{EXAMEN}$$

Para poder presentarse al ejercicio teórico-práctico final y obtener la calificación EXAMEN es requisito imprescindible la asistencia y realización, durante el curso, de las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen. De no cumplirse este requisito "Nota final" será "No presentado".

Para superar la asignatura, "Nota final" deberá ser igual o superior a 5.

## 2) CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

Todos los alumnos que no hayan aprobado en la convocatoria ordinaria podrán presentarse a la convocatoria extraordinaria.

La evaluación consistirá en un ejercicio teórico-práctico (EXAMEN). La calificación final de la asignatura será:

**Nota final= 0,9\*EXAMEN+0,1\*LAB**

siendo LAB la calificación de laboratorio obtenida durante el curso. Los alumnos que hubieran incumplido los requisitos imprescindibles referidos al laboratorio, deberán realizar un examen de prácticas de laboratorio para obtener la calificación LAB.

Para superar la asignatura, "Nota final" deberá ser igual o superior a 5.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Sears-Zemansky-Young-Freedman, Física Universitaria (Vol. 2). Pearson (2014)	Bibliografía	
The Feynmann lectures on Physics (Vol. 2) Fondo Educativo Interamericano (1972)	Bibliografía	
Tipler, Physics (Vol. 2) Freeman Worth (1999)	Bibliografía	
Cheng, Fundamentos de Electromagnetismo para ingeniería. Addison-Wesley Longman (1999)	Bibliografía	
Reitz-Milford- Christy, Fundamentos de la teoría electromagnética. Addison-Wesley (2008)	Bibliografía	
Páginas web de interés didáctico	Recursos web	
Plataforma Moodle: asignatura electromagnetismo	Recursos web	
Laboratorio de Física	Equipamiento	
Gascón, Bayón, Medina, Porras y Salazar, Electricidad y Magnetismo. Pearson - Prentice Hall (2004)	Bibliografía	
Félix Salazar Bloise, Ana Bayón Rojo, Física Experimental, Una guía de prácticas de electromagnetismo. Servicio de publicaciones Fundación Gómez-Pardo (2009).	Bibliografía	

Salazar Bloise, Medina Ferro, Bayón Rojo, Gascón Latasa, Solved Problems in Electromagnetics. Springer (2017)	Bibliografía	
Herramientas para impartición telemática de clases y tutorías	Recursos web	Collaborate, Microsoft Teams, Zoom

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### DESCRIPCION GENERAL DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES y DE LOS CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- Prácticas de laboratorio: calidad de las medidas y de la presentación, análisis de resultados, y participación del alumno.
- Pruebas de seguimiento/Ejercicios de evaluación (Aula): calidad del trabajo realizado y resoluciones correctas.
- Prueba global (evaluación continua): calidad del trabajo realizado, resoluciones correctas y bien razonadas.
- Examen final: cuestiones teórico-prácticas bien contestadas y razonadas y problemas resueltos adecuadamente.