



POLITÉCNICA

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000013 - Electromagnetismo

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017-18 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos	1
2. Profesorado	1
3. Conocimientos previos recomendados	3
4. Competencias y resultados de aprendizaje	3
5. Descripción de la asignatura y temario	4
6. Cronograma	8
7. Actividades y criterios de evaluación	11
8. Recursos didácticos	13
9. Otra información	14

1. Datos descriptivos

1.1 Datos de la asignatura

Nombre de la Asignatura	95000013 - Electromagnetismo
Nº de Créditos	4.5 ECTS
Carácter	Basica
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion
Centro en el que se imparte	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
Curso Académico	2017-18

2. Profesorado

2.1 Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías*
Miguel Calvo Ramon (Coordinador/a)	C412	miguel.calvo@upm.es	L - 12:00 - 14:00 M - 12:00 - 14:00 V - 12:00 - 14:00 Es conveniente concertar cita previamente por correo electrónico.

Belen Galocha Iraguen	c410	belen.galocha@upm.es	L - 12:00 - 14:00 M - 11:00 - 13:00 X - 13:00 - 14:00 V - 13:00 - 14:00 Es conveniente concertar cita previamente por correo electrónico.
Manuel Sierra Perez	c418	manuel.sierra.perez@upm.es	L - 18:00 - 20:00 M - 17:00 - 19:00 J - 17:00 - 19:00 Es conveniente concertar cita previamente por correo electrónico.
Jose Manuel Fernandez Gonzalez	c416	josemanuel.fernandez.gonzalez@upm.es	L - 12:00 - 14:00 X - 13:00 - 14:00 J - 10:00 - 12:00 V - 13:00 - 14:00 Es conveniente concertar cita previamente por correo electrónico.

* 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

- Algebra
- Calculo
- Fisica general 1
- Analisis vectorial
- Introduccion al analisis de circuitos

3.2 Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

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

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1 Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

CEB3 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería

CG1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

4.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA21 - Adquirir los conocimientos cualitativos y cuantitativos de los campos electromagnéticos, su formalismo deductivo basado en el modelo de Maxwell y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería de telecomunicación a nivel introductorio.

RA22 - Conocimientos cualitativos y cuantitativos del comportamiento de los circuitos eléctricos más simples, necesarios para el análisis y diseño de los componentes básicos de los sistemas electrónicos y de comunicaciones.

RA20 - Comprender los fenómenos naturales como base de conocimiento para las tecnologías actuales.

RA16 - Aprender y comprender las leyes y teorías que describen el funcionamiento del Universo.

RA17 - Aprender a razonar científicamente y poder resolver problemas a partir de las leyes básicas de la Física.

RA19 - Adquirir los conocimientos cualitativos y cuantitativos de los fenómenos físicos básicos, imprescindibles para poder iniciarse en el aprendizaje de los de mayor nivel de complejidad.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1 Descripción de la asignatura

La asignatura tiene como objetivo introducir el Modelo de Maxwell del Electromagnetismo Macroscópico y proporcionar los métodos y procedimientos usados para el análisis y resolución de los problemas electromagnéticos complejos propios de la Ingeniería de Telecomunicación (en particular líneas de transmisión y guías de onda, antenas y propagación de ondas).

Para ello se hace en primer lugar una revisión de los conceptos matemáticos necesarios para la asignatura (principalmente Álgebra Vectorial, Sistemas de Coordenadas, Análisis Vectorial, Cálculo, ...). Se presenta a continuación el modelo de Maxwell para el Electromagnetismo Macroscópico (las densidades de carga y de corriente como fuentes del campo, las ecuaciones de Maxwell en modo diferencial y en modo integral, las condiciones de salto, las unidades y dimensiones, la energía, ...).

Para aprender a resolver el modelo se procede a hacerlo de forma progresiva: desde las situaciones simples a las complicadas. Se parte pues del estudio de la Electroestática, donde no hay variación con el tiempo ni de las fuentes (cargas y corrientes) ni de los campos y tampoco hay movimiento de las cargas(corrientes). Se identifica la Ley de Gauss y se aplica en un conjunto de distribuciones de carga para las que su aplicación permite obtener

analíticamente el campo. Se obtiene de esta manera el campo de la carga puntual y usando el principio de superposición se obtienen las expresiones para el cálculo del campo mediante las aportaciones infinitesimales de los elementos de carga. Se define el potencial y se obtiene la ecuación de Poisson / Laplace para obtener el potencial en función de la densidad de carga. Se integra la ecuación de Poisson para la carga puntual y aplicando superposición se generaliza para distribuciones de carga arbitrarias. Se aplica al dipolo eléctrico y se introduce la aproximación de campo lejano y el método de las imágenes. Se estudian a continuación los sistemas de conductores y en particular los condensadores con el concepto y cálculo de la Capacidad. Finalmente se estudian la energía y las acciones mecánicas del Campo Electroestático.

Se continúa con las situaciones Estacionarias en las que no hay variación con el tiempo pero si hay movimiento de cargas (corrientes estacionarias). Las ecuaciones de Maxwell en situaciones estacionarias pueden separarse en dos subconjuntos, uno para el campo eléctrico estacionario y otro para el campo magnético estacionario, que están relacionados por la densidad de corriente estacionaria. Del primer subconjunto se obtiene la distribución de corriente estacionaria que se aplica en el segundo bloque de ecuaciones mencionado como fuente del campo magnético estacionario. Se define el potencial escalar estacionario, se calcula su distribución en el interior de un conductor, se obtiene el campo eléctrico estacionario a partir del potencial y la densidad volumétrica de corriente mediante la ley de Ohm. Se define la resistencia del conductor y se observa la dualidad Resistencia / Capacidad. Una vez conocida la densidad de corriente estacionaria se identifica la Ley de Ampere que se aplica en diversos ejemplos en los que se puede obtener analíticamente el campo magnético estacionario, Se define el Potencial Vector y se utiliza para obtener la Ley de Biot y Savart que expresa el campo magnético estacionario directamente en función de la densidad de corriente. Se obtiene el Momento Magnético y las aproximaciones de campo lejano. Se estudia la energía del campo magnético estacionario y los coeficientes de auto inducción e inducción mutua.

Finalmente se inicia el estudio de la Electrodinámica. Se definen los potenciales escalar y vector electrodinámicos, se utiliza la condición de separabilidad de Lorentz para obtener las ecuaciones de D'Alembert y expresar su solución por analogía con la solución de la ecuación de Poisson. Se estudia la variación temporal en régimen sinusoidal permanente y el uso de las magnitudes complejas en sustitución de la variación temporal. Para una corriente puntual se obtiene el potencial vector como una onda esférica y se identifican parámetros tales como la longitud de onda y el retardo. El campo Cuasiestacionario o de variación temporal lenta se presenta como caso particular de la variación temporal arbitraria sin retardo y se analiza especialmente la Ley de Inducción de Faraday..

5.2 Temario de la asignatura

1. Introducción.

1.1. Revisión del álgebra vectorial: Sistemas de coordenadas

1.2. Gradiente, divergencia y rotacional Teoremas de Gauss y Stokes El operador Nabla. Ejercicios.

2. Ecuaciones Generales del Electromagnetismo

2.1. Densidad de carga. Densidad de corriente. Ecuación de continuidad

2.2. Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Maxwell en forma integral

2.3. Caracterización de medios materiales. Ley de Ohm. Constante de relajación. Unidades y dimensiones

2.4. Definición de los campos E y B. Energía. Condiciones de salto.

2.5. Ejercicios

3. Campo Electroestático

3.1. Ecuaciones de la Electroestática. Campo eléctrico en un conductor

3.2. Ley de Gauss. Campo de una carga puntual. Superposición y expresión del campo por aportaciones infinitesimales

3.3. Distribuciones con simetría esférica, cilíndrica o plana. Esfera, línea de carga indefinida y hoja de carga. Ejercicios

3.4. Definición del potencial: Sentido físico y continuidad. Ecuaciones de Poisson y Laplace. Condiciones de contorno para unicidad del potencial

3.5. Integración de la ecuación de Poisson para una carga puntual. Potencial de una carga puntual. Superposición y expresión del potencial por aportaciones infinitesimales

3.6. Campo y potencial de una distribución esférica de carga por el método de Gauss, la integración de Poisson y aportaciones infinitesimales. Potencial de un disco de carga uniforme en el eje, de una línea de carga uniforme y de distribuciones bidimensionales

3.7. Teorema de la media; Potencial y campo de distribuciones multipolares; Dipolo, desarrollo multipolar del potencial

3.8. Método de las imágenes

3.9. Sistemas electrostáticos de conductores. Coeficientes de Capacidad; Teorema de Reciprocidad. Capacidad y apantallamiento. Condensador.

3.10. Energía electrostática. Energía de un sistema electrostático de conductores. Energía de formación e interacción. Acciones mecánicas: Fuerzas y Pares. Ejercicios

4. Corrientes Estacionarias

4.1. Ecuaciones del Campo Estacionario; Propiedades de las Corrientes Estacionarias; Generadores; Fuerza electromotriz; Conductor Perfecto; Condiciones de contorno en interfaces

4.2. Resistencia; Ejemplos; Dualidad R/C; Ejercicios

5. Campo magnético estacionario

5.1. Ecuaciones de la Magnetostática; Definición del Potencial vector magnético; Solución del Potencial vector magnético; Ley de Biot y Savart;

5.2. Ejercicios. Campo de la espira circular; Solenoide cilíndrico finito.

5.3. Ley de Ampère: Aplicación a la línea de corriente indefinida, a la hoja de corriente, al cable coaxial y al solenoide indefinido.

5.4. Potencial vector en puntos alejados; Momento magnético; Campo magnético en puntos alejados; Momento magnético de espiras planas.

5.5. Energía del campo magnetostático; Energía en función de las corrientes y Energía de la distribución de corriente filiforme; Energía de formación e interacción; Sistemas de corrientes filiformes y coeficientes de inducción.

5.6. Coeficientes de inducción de corrientes no filiformes; Autoinducción interna y externa de una distribución; Fuerzas magnéticas Ejemplos

6. Electrodinámica y variación temporal lenta.

6.1. Ecuaciones de la electrodinámica; Potenciales electrodinámicos; Potencial de una corriente puntual; Onda progresiva y regresiva; Retardo

6.2. Variación temporal lenta; Ley de Faraday; Lemas de Kirchoff. Ejercicios

6. Cronograma

6.1 Cronograma de la asignatura*

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades de Evaluación
1	<p>Tema 1.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1.2.a Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 1.2 b Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Tema 1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 2.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Tema 2.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Tema 2.4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 3.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p>Tema 3.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3.3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Ejercicios (Temas 3.1 a 3.3) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

6	<p>Tema 3.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3.5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p>Tema 3.6 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3.7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p>Ejercicios (Temas 3.4 a 3.7) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 3.8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p>Tema 3.9 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3.10 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>Ejercicios (Temas 3.7 a 3.10) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Evaluación temas 1,2 y 3 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00</p>
11	<p>Tema 4.2 (incluye Ejercicios Temas 4.1 y 4.2) Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 5.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p>Tema 5.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 5.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p>Tema 5.4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 5.5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 5.6 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

14	<p>Ejercicios (Temas 5.1 a 5.6) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 6.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 6.2(Incluye Ejercicios) Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Evaluación Temas 4, 5 y 6 EX: Técnica del tipo Examen EscritoEvaluación continua Duración: 02:00</p>
15				
16				
17				<p>Examen Final EX: Técnica del tipo Examen EscritoEvaluación continua Duración: 03:00</p> <p>Examen Final EX: Técnica del tipo Examen EscritoEvaluación sólo prueba final Duración: 03:00</p>

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

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
10	Evaluación temas 1,2 y 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	3 / 10	CEB3
14	Evaluación Temas 4, 5 y 6	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	3 / 10	CEB3 CG1
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	%	5 / 10	CEB3 CG1 CG5

7.1.2 Evaluación sólo prueba final

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CEB3 CG1 CG5

7.1.3 Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2 Criterios de Evaluación

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo por escrito a través de correo electrónico (u otro procedimiento que se habilite en el Moodle de la asignatura) al coordinador de la asignatura antes del 21 de Octubre.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final.

En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación que se podrán distribuir a lo largo del curso.

La calificación de la asignatura para los alumnos de evaluación continua se realizará mediante dos exámenes parciales: el primero en la semana 10 sobre los contenidos de los temas 1, 2 y 3 (con un peso del 60%) y el segundo en la semana 15 sobre el resto de contenidos y con un peso del 40%. La nota final será la media ponderada de ambas siempre que en cada una tenga una nota superior a 3 puntos sobre 10.

En el caso de que no se alcance la nota mínima de 3 en alguno de los parciales, o que la media ponderada no alcance la nota de 5, el alumno deberá realizar el examen final y será calificado por la nota del mismo (sobre 10 puntos).

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente mediante el sistema de prueba final

8. Recursos didácticos

8.1 Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes de Electricidad y Magnetismo, M.Calvo, J.L.Fernández Jambrina, L.de Haro, F. Las Heras. Editorial, ETSIT-UPM 1996.	Bibliografía	
Ingeniería electromagnética. Campos y Ondas, Carl T.A. Johnk. Editorial Limusa, 1992	Bibliografía	
Campos y Ondas Electromagnéticas, P. Lorrain, D. Corson. Editorial Selecc. Científicas, 1972.	Bibliografía	
Field and Waves in Communication Electronics, S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer. Editorial Wiley, 1993.	Bibliografía	
Electrodinámica y propagación de ondas de radio, V.V.Nikolski. Editorial MIR.1976	Bibliografía	
Engineering Electromagnetics, W.H. Hayt. Editorial McGraw-Hill, 1989.	Bibliografía	
Física tomo II (Lectures on Physics), Feynman, Leighton, Sands. Editorial Addison-Wesley, 1987	Bibliografía	
http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/eym/	Recursos web	
http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=1156	Recursos web	
Aulas: designadas por Jefatura de Estudios con cañón de proyección	Equipamiento	

9. Otra información

9.1 Otra información sobre la asignatura

Como se ha mencionado previamente, en cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando soliciten la renuncia a la evaluación continua al coordinador de la asignatura mediante procedimiento implementado en el Moodle de la asignatura antes del día 21 de octubre. Esta opción supone la renuncia a la evaluación continua.

Las Tutorías se realizarán según la normativa vigente. Los alumnos concertarán con el profesor fecha y lugar para la tutoría.