



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

95000022 - Campos y ondas en telecomunicacion

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

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

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|------------------------------------|---|
| Nombre de la asignatura | 95000022 - Campos y ondas en telecomunicacion |
| No de créditos | 4.5 ECTS |
| Carácter | Obligatoria |
| Curso | Segundo curso |
| Semestre | Cuarto semestre |
| Período de impartición | Febrero-Junio |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 09TT - Grado en ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicacion |
| Centro en el que se imparte | 09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion |
| Curso académico | 2018-19 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|-----------------|-----------------------------|---|
| Manuel Maria Lambea Olgado | B-419 | manuel.lambea.olgado@upm.es | Sin horario. Concertar cita por correo electrónico |
| Jesus M. Rebollar Machain (Coordinador/a) | B-411 | jesusmaria.rebollar@upm.es | Sin horario. Concertar cita por correo electrónico |

| | | | |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|--|
| Jaime Esteban Marzo | B-420 | jaime.esteban@upm.es | Sin horario. Concertar cita por correo electrónico |
| Miguel Angel Gonzalez De Aza | B-421, dcha | miguelangel.gonzalez@upm. es | Sin horario. Concertar cita 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

- Analisis vectorial
- Electromagnetismo

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conceptos básicos de modulaciones
- Conceptos de Circuitos Eléctricos
- Sistemas Lineales y Funciones y Transformadas relacionadas
- Conocimiento y capacidad de razonar y resolver problemas de campo eléctrico estático y de campo magnético estacionario a partir de las leyes básicas del electromagnetismo
- Comprensión y dominio de los conceptos básicos circuitales obtenidos desde las ecuaciones de Maxwell: Resistencia, Conductancia, Capacidad, Inductancia, e Inducción mutua.
- Operaciones básicas con expresiones complejas tanto escalares como vectoriales

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CECT4 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

CECT5 - Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital

CECT8 - Capacidad para comprender los mecanismos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas y acústicas, y sus correspondientes dispositivos emisores y receptores

CG12 - Organización y planificación

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

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

CG9 - Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

4.2. Resultados del aprendizaje

RA58 - Conocimiento cualitativo y cuantitativo de los mecanismos básicos del fenómeno de propagación de ondas electromagnéticas y su interacción con obstáculos, tanto en el espacio libre como en los sistemas de guiado más simples.

RA192 - Comprender los conceptos asociados a la reflexión y transmisión (coeficiente de reflexión y transmisión, impedancia de onda y diagrama de onda estacionaria). Comprender los fenómenos de transmisión de energía.

RA195 - Manejar los conceptos anteriores para la resolución de problemas de medios estratificados. Asimilar el concepto de adaptación

RA198 - Conocer la existencia de las líneas de transmisión y comprender y asimilar el concepto de modo TEM. Comprender los conceptos de onda de tensión y corriente a partir del campo electromagnético. Manejar la línea de transmisión y su descripción mediante diferentes parámetros. Comprender la representación mediante circuito equivalente para la línea corta y sus limitaciones. Adquirir capacidad para estimar las pérdidas en los conductores

RA194 - - Conocer las propiedades de la Onda Plana Homogénea (OPH) y sus características transmitiendo energía. Comprender el fenómeno de la Polarización de las ondas y su importancia en Telecomunicación. Comprender los conceptos físicos asociados a las distintas velocidades de propagación y sus consecuencias en la transmisión de señales: distorsión y retardo.

RA193 - Conocer la descripción matemática del modelo macroscópico de los medios materiales. Conocer y manejar las expresiones que gobiernan la energía electromagnética y su transferencia: transmisión y pérdidas

RA196 - Asimilar el concepto de reflexión total en la incidencia normal sobre un conductor ideal. Asimilar el concepto de la incidencia normal sobre un conductor real. Asimilar la aproximación de Leontovich y el concepto de impedancia superficial en un conductor real. Asimilar la definición de impedancia de cuadro. Entender la generalización y uso del concepto de impedancia de cuadro en conductores con otras geometrías

RA62 - El aprendizaje de la materia proporciona al alumno los conocimientos requeridos para comprender los mecanismos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas y acústicas, y sus correspondientes dispositivos emisores y receptores.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura introduce al estudiante en los conceptos básicos de la electrodinámica aplicada a la transmisión de energía/información. Tras un preámbulo dedicado a los aspectos de transferencia de energía, analiza las soluciones de las ecuaciones de Maxwell de tipo ondas planas y establece el conjunto de definiciones utilizadas habitualmente en transmisión (polarización, dispersión y atenuación, velocidad de propagación, coeficiente de reflexión e impedancia, etc.). Se analizan a continuación las características básicas del campo electromagnético en los conductores introduciéndose los conceptos de efecto pelicular, impedancia superficial e impedancia interna de hilo conductor. Finalmente se establecen las características generales de la comunicación por soporte físico introduciéndose el concepto de modo, sus diferentes tipos y características, desarrollando de forma particular el modo transversal electromagnético (TEM) y la línea de transmisión.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a la Electrodinámica. Transferencia de Energía Electromagnética
 - 1.1. Modelo matemático de la electrodinámica en el tiempo y la frecuencia
 - 1.2. Relaciones constitutivas
 - 1.3. Teorema de Conservación de la Energía. Vector de Poynting. Energía en Electrodinámica
 - 1.4. Régimen Monocromático. Valores medios
2. Ondas Planas Homogéneas. Polarización
 - 2.1. Solución de la ecuación de onda. Onda Plana Homogénea (OPH)
 - 2.2. Características de los campos de la Onda Plana Homogénea: variación con z , relación entre campo eléctrico y campo magnético. Impedancia de la OPH, Constante de propagación
 - 2.3. Ondas Planas Homogéneas Monocromáticas (OPHM): Potencia transmitida, atenuación, longitud de onda, velocidad de fase, dispersión
 - 2.4. Polarización de la OPHM: Lineal, Circular, Elíptica. Relación Axial. Polarización Positiva y Negativa
 - 2.5. Velocidad de grupo. Retardo. Distorsión
3. Incidencia Normal de Ondas Planas Homogéneas
 - 3.1. Incidencia normal sobre obstáculo plano de la OPH: Onda incidente, reflejada y transmitida. Onda Estacionaria

- 3.2. Coeficientes de reflexión y transmisión. Campos en función de ambos coeficientes
- 3.3. Diagrama de onda estacionaria (DOE); coeficiente de onda estacionaria (COE). Impedancia de onda (Z). Continuidad de Z en las discontinuidades
- 3.4. Balance energético del problema
- 3.5. Incidencia normal sobre el problema de los tres medios. Fórmula del traslado de impedancias. Propiedades de las láminas dieléctricas en $\lambda/2$ y en $\lambda/4$
- 3.6. Eliminación de la reflexión: Adaptación
- 3.7. Incidencia normal sobre N medios estratificados. Utilización de la fórmula de traslado de impedancias
- 3.8. Incidencia normal de OPH sobre un medio conductor perfecto
- 4. Campos en Conductores. Efecto Pelicular
 - 4.1. Incidencia normal de OPH sobre un medio conductor real. Balance energético: Potencia disipada en el conductor. Definición del elemento de unidad de longitud y anchura: Diferencia de potencial y corriente de dicho elemento. Impedancia de cuadro
 - 4.2. Campos en el conductor: Efecto Pelicular, Condiciones de Leontovich: Concepto de Impedancia superficial
 - 4.3. Impedancia interna del hilo conductor de sección arbitraria. Ejemplo: Hilo cilíndrico
- 5. Comunicación por soporte físico: Líneas de Transmisión
 - 5.1. Introducción: Modo TEM y existencia de otros modos. Líneas de transmisión básicas. Soluciones TEM guiadas. Modos q-TEM. Definición de las ondas de tensión y corriente. Impedancia Característica. Constante de propagación. Comentarios a q-TEM
 - 5.2. Potencia transmitida. Circuito equivalente: realización en T. Aproximación de línea corta. Energías almacenadas y pérdidas en dieléctricos y en conductores
 - 5.3. Ejemplos de líneas de transmisión: Cable coaxial y Línea bifilar
 - 5.4. Los circuitos impresos: líneas planares. Línea microstrip y otras. Modelo simple de dispersión
 - 5.5. Reflexiones en TEM. Uso de los conceptos de coeficiente de reflexión e impedancia característica en líneas de transmisión. Líneas en $\lambda/2$ y en $\lambda/4$. Adaptación

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad presencial en aula | Actividad presencial en laboratorio | Otra actividad presencial | Actividades de evaluación |
|-----|---|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | <p>Presentación de la Asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Introducción a la Electrodinámica. Transferencia de Energía Electromagnética 1.1 Modelo matemático de la electrodinámica en el tiempo y la frecuencia. 1.2 Relaciones constitutivas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 2 | <p>1.3 Teorema de Conservación de la Energía. Vector de Poynting. Energía en Electrodinámica. Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 1 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 3 | <p>1.4 Régimen Monocromático. Valores medios. Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 1 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 4 | <p>Tema 2: Ondas Planas Homogéneas. Polarización. 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 5 | <p>2.3 Ondas Planas Homogéneas Monocromáticas (OPHM): Potencia transmitida, atenuación, longitud de onda, velocidad de fase, dispersión. 2.4 Polarización de la OPHM: Lineal, Circular, Elíptica. Relación Axial. Polarización Positiva y Negativa Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| 6 | <p>2.5 Velocidad de grupo. Retardo. Distorsión. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 3: Incidencia Normal de Ondas Planas Homogéneas. 3.1 Incidencia normal sobre obstáculo plano de la OPH: Onda incidente, reflejada y transmitida. Onda Estacionaria. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 7 | <p>3.2 Coeficientes de reflexión y transmisión. Campos en función de ambos coeficientes. 3.3 Diagrama de onda estacionaria (DOE); coeficiente de onda estacionaria (COE). Impedancia de onda (Z). Continuidad de Z en las discontinuidades. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 8 | <p>3.4 Balance energético del problema. 3.5 Incidencia normal sobre el problema de los tres medios. Fórmula del traslado de impedancias. Propiedades de las láminas dieléctricas en $\lambda/2$ y en $\lambda/4$. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 9 | <p>3.6 Eliminación de la reflexión: Adaptación. 3.7 Incidencia normal sobre N medios estratificados. Utilización de la fórmula de traslado de impedancias. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 10 | <p>3.8 Incidencia normal de OPH sobre un medio conductor perfecto. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 4: Campos en Conductores. 4.1 Efecto Pelicular. 4.2 Condiciones de Leontovich: Concepto de Impedancia</p> | | | |

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| | <p>superficial. 4.3 Impedancia interna del hilo conductor de sección arbitraria. Ejemplo: Hilo cilíndrico Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 11 | <p>Tema 5: Comunicación por soporte físico: Líneas de Transmisión. 5.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | <p>Prueba Parcial P_1A EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00</p> |
| 12 | <p>5.2 Potencia transmitida. Circuito equivalente: realización en T. Aproximación de línea corta. Energías almacenadas y pérdidas en dieléctricos y en conductores. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 13 | <p>5.3 Ejemplos de líneas de transmisión: Cable coaxial y Línea bifilar. 5.4 Los circuitos impresos: líneas planares. Línea microstrip y otras. Modelo simple de dispersión. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 14 | <p>5.5 Reflexiones en TEM Uso de los conceptos de coeficiente de reflexión e impedancia característica en líneas de transmisión. Líneas en $\lambda/2$ y en $\lambda/4$. Adaptación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de ejercicios tema 5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | <p>Prueba P2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00</p> <p>Examen Final: Pruebas P_1B y P2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00</p> |

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

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 |
|------|---------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 11 | Prueba Parcial P_1A | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 01:00 | 30% | 2 / 10 | CG9 CG12 CECT4 CECT5 CECT8 CG2 CG4 CG5 |
| 17 | Prueba P2 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 70% | 2 / 10 | CG9 CG12 CECT4 CECT5 CECT8 CG2 CG4 CG5 |

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|---------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 17 | Examen Final: Pruebas P_1B y P2 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 100% | 2 / 10 | CG9 CG12 CECT4 CECT5 CECT8 CG2 CG4 CG5 |

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Examen final: prueba única. | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 100% | 5 / 10 | CG9 CG12 CECT4 CECT5 CECT8 CG2 CG4 CG5 |

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 hacerlo el mismo día del examen final, antes de repetir el primer parcial, firmando la hoja de presentados a dicho primer parcial, que incluirá en el encabezado que con ello se renuncia a la evaluación continua y, por lo tanto, a la nota obtenida en el primer parcial. La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará técnicas similares a las utilizadas 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 a lo largo del curso.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

EVALUACIÓN CONTINUA:

La evaluación continua de la asignatura consta de dos pruebas parciales: P_1A y P_2.

La primera prueba parcial, P_1A, se realizará en fecha a definir por la Junta de Escuela. Su ponderación será de un 30%.

La segunda prueba parcial, P_2, se realizará coincidente con la fecha señalada para el examen final de la convocatoria de junio. Su ponderación será de un 70%.

Para aprobar la asignatura debe cumplirse que su media ponderada sea mayor o igual a 5. Toda prueba con calificación inferior a 2 puntos sobre 10 supondrá el suspenso en la asignatura. En este caso, la calificación final será la menor entre la media ponderada de ambas pruebas (P_1A y P_2) y 4,5.

EVALUACIÓN MEDIANTE EXAMEN ÚNICO:

En la fecha señalada para el examen final de la convocatoria ordinaria de junio, los alumnos que han renunciado a la evaluación continua, y por lo tanto a la nota obtenida anteriormente en la prueba parcial P_1A, serán evaluados mediante un examen final consistente en dos pruebas:

- Primera prueba, P_1B (ponderación: 30 %).
- Segunda prueba, P_2 (ponderación: 70 %).

Para aprobar la asignatura debe cumplirse que la media ponderada de ambas pruebas sea mayor o igual a 5. Toda prueba con calificación inferior a 2 puntos sobre 10 supondrá el suspenso en la asignatura. En este caso, la calificación final será la menor entre la media ponderada de ambas pruebas (P_1B y P_2) y 4,5.

CONTENIDO DE LAS PRUEBAS:

El contenido de las pruebas P_1A, P_1B y P_2 se dividirá en dos partes:

Una primera, con cuestiones de respuesta breve, carácter más teórico, y limitadas a conceptos básicos, con una valoración del 50 %.

Una segunda, de contenido fundamentalmente práctico (resolución de ejercicios), con una valoración del 50%.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA DE JULIO:

En la convocatoria extraordinaria de julio los alumnos serán evaluados mediante una única prueba final.

El plagio total o parcial de ejercicios en cualquiera de las pruebas de evaluación supondrá el suspenso en esa prueba, con calificación 0 puntos.

En el caso de que en el desarrollo de las pruebas de evaluación se aprecie el incumplimiento de los deberes como estudiante universitario, el coordinador de la asignatura podrá ponerlo en conocimiento del Director o Decano del Centro, que de acuerdo con lo establecido en el artículo 74 (n) de los Estatutos de la UPM tiene competencias para "Proponer la iniciación del procedimiento disciplinario a cualquier miembro de la Escuela o Facultad, por propia iniciativa o a instancia de la Comisión de Gobierno" al Rector, en los términos previstos en los estatutos y normas.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|---|--------------|---------------|
| V.V. Nikolski, "Electrodinámica y propagación de ondas de radio", http://www.urss.ru . Editorial URSS, 1973. | Bibliografía | |
| S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and waves in communication electronics", John Wiley & Sons , Third Edition, 1994. | Bibliografía | |
| C.T.A. Johnk, "Teoría Electromagnética", Limusa, 1981. | Bibliografía | |
| J.D. Kraus, "Electromagnetismo", McGraw-Hill, 1986 | Bibliografía | |
| C.R. Paul, "Transmission Lines in Digital and Analog Electronic Systems: Signal Integrity and Crosstalk", John Wiley and Sons, Inc., 2010. | Bibliografía | |
| C.W. Davidson, "Transmission lines for communications", MacMillan, 1989. | Bibliografía | |
| David K. Cheng, "Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería", Addison-Wesley Iberoamericana, 1997. | Bibliografía | |
| L. Solymar, "Lectures on electromagnetic theory", Oxford University Press, 1984. | Bibliografía | avanzada |

| | | |
|--|--------------|----------|
| H.A. Haus, J.R. Melcher, "Electromagnetic fields and energy", Prentice-Hall, 1989. | Bibliografía | avanzada |
| C. Camacho Peñalosa, J.E. Page de la Vega, "Ecuaciones y relaciones energéticas de la electrodinámica", "Ondas Planas", "Ondas Guiadas". | Bibliografía | |
| "Problemas de Campos y Ondas en Telecomunicación", Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid. Formato electrónico puesto a disposición de los estudiantes. | Bibliografía | |
| Moodle de la asignatura en: https:// moodle.upm.es/titulaciones/oficiales | Recursos web | |