

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES		
<b>Materia</b>	COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECIFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	512	<b>Código</b>	46630
<b>Periodo de impartición</b>	1er CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA (OBLIGATORIA DE LA MENCIÓN)
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	JUAN BLAS PRIETO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5568 E-MAIL: <a href="mailto:juabla@tel.uva.es">juabla@tel.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	8 de julio de 2024		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Los sistemas de radiocomunicaciones, con su expansión sin precedentes tanto en el plano social como económico representan uno de los principales exponentes de los sistemas de comunicaciones actuales. Todos estos sistemas tienen un elemento común que es el enlace radioeléctrico. El alumno deberá adquirir unos conocimientos básicos sobre el cálculo y el diseño de enlaces de radiocomunicaciones, tanto fijos como móviles mediante métodos analíticos, empíricos, estadísticos y numéricos. Ningún sistema actual es construido sin una etapa previa de simulación. La simulación de un sistema de radiocomunicaciones comienza con la aproximación numérica de las ecuaciones de Maxwell, tanto para el diseño de los elementos radiantes, como para la propagación de las señales radio, permitiendo cálculos de cobertura y de emisiones radioeléctricas. Para evitar cualquier efecto negativo, los niveles de emisión radioeléctrica están sometidos a una normativa que juega un papel importante en el diseño de los propios sistemas de radiocomunicaciones.

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con "Transmisión por Radio", ya que dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos para comprender las antenas y la propagación de las señales de radio.

### 1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable haber cursado la materia "Fundamentos de Comunicaciones" del "Bloque de Materias Básicas". Además, es muy recomendable haber cursado la asignatura "Transmisión por Radio" del 2º Cuatrimestre del 3º curso.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GBE1. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación y facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- GBE2. Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GBE5. Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- GE3. Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- GE4. Capacidad para desarrollar proyectos en el ámbito de su especialidad que satisfagan las exigencias técnicas, estéticas y de seguridad, aplicando elementos básicos de gestión económica-financiera, de recursos humanos, organización y planificación de proyectos.
- GE5. Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, así como el desarrollo sostenible del ámbito correspondiente.
- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3. Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.

### 2.2 Específicas

- ST2. Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con



diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

- ST3. Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
- ST4. Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.
- ST5. Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Describir los métodos analíticos y numéricos más importantes empleados para resolver las ecuaciones de Maxwell.
- Clasificar los métodos numéricos atendiendo a su régimen de frecuencia y su dominio de definición.
- Explicar las ventajas e inconvenientes de los métodos numéricos más importantes.
- Describir el funcionamiento del método de los momentos.
- Modelar antenas básicas empleando el método de los momentos, estimando sus parámetros más importantes
- Describir los efectos que causa la propagación multitrayecto y la movilidad en las señales radioeléctricas.
- Modelar la respuesta al impulso de los sistemas de radiocomunicaciones de forma aproximada.
- Describir y cuantificar los efectos troposféricos e ionosféricos en los enlaces de radiocomunicación
- Utilizar herramientas de simulación y planificación radioeléctrica sencillas.
- Calcular los márgenes bruto y neto de un radioenlace.
- Analizar y calcular la influencia de los tipos de desvanecimiento más comunes.
- Modelar y calcular los efectos causados por el ensombrecimiento.
- Enumerar y clasificar las diferentes técnicas de acceso al medio.
- Diseñar estimadores de máxima verosimilitud para modelos de canal sencillos.
- Describir y calcular las mejoras obtenidas mediante técnicas de diversidad y acceso múltiple.
- Describir y calcular la capacidad teórica de un canal radio.
- Describir los aspectos más importantes de la radio definida por software y la radio cognitiva.
- Implementar enlaces radioeléctricos sencillos empleando la radio definida por software
- Analizar y calcular la capacidad máxima de un enlace, identificando posibles cuellos de botella.
- Describir los fundamentos de los sistemas multiportadora y multiantena.
- Modelar e implementar aspectos básicos de los sistemas multiportadora y multiantena
- Utilizar correctamente instrumental básico de medida de emisiones radioeléctricas.
- Peritar, calcular y hacer valoraciones e informes sobre emisiones.
- Valorar la influencia de los sistemas de radiocomunicación sobre el desarrollo, la sociedad y la salud.

### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

#### Bloque 1: Sistemas de Radiocomunicaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6,0

##### a. Contextualización y justificación

Tras una introducción general a los sistemas de radiocomunicaciones, se parte de una descripción general del modelo de canal y de su aplicación a los sistemas de radiocomunicaciones punto a punto. Como solución a los problemas que presenta el canal se introducen diferentes técnicas de ingeniería radio para explotar eficientemente los recursos naturales de dicho canal. Estas nuevas técnicas sirven de introducción a las redes de radiocomunicaciones móviles, que a su vez requieren el cumplimiento de una normativa sobre emisiones.



## b. Objetivos de aprendizaje

---

Véanse los objetivos de la asignatura.

## c. Contenidos

---

### TEMA 1: Introducción a la propagación radioeléctrica

- 1.1. Métodos computacionales en electromagnetismo
- 1.2. El canal radio como sistema lineal variable en el tiempo
- 1.3. Coherencia espacial y temporal
- 1.4. Modelado estadístico del canal radio

### TEMA 2: Principales problemas en el enlace radioeléctrico

- 2.1. Multitrayecto
- 2.2. Ensombrecimiento
- 2.3. Movilidad
- 2.3. Cobertura e interferencia

### TEMA 3: Mejora de la capacidad del canal radio

- 3.1. Diversidad y combinación
- 3.2. Capacidad
- 3.3. Radio definida por software, sistemas cognitivos

### TEMA 4: Sistemas multiantena

- 4.1. Modelo de canal
- 4.2. Multiplexación por división de frecuencias ortogonales
- 4.3. Codificación espacio-temporal
- 4.4. Multiplexación espacial

### TEMA 5: Emisiones radioeléctricas

- 5.1. Efectos biológicos de las emisiones radioeléctricas
- 5.2. Normativa en materia de emisiones radioeléctricas
- 5.3. Distancias de exclusión y zonas de exclusión
- 5.4. Medida y certificación de emisiones radioeléctricas



#### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Aprendizaje colaborativo
- Resolución de casos prácticos
- Realización de prácticas en el laboratorio

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas
- Resolución de problemas por parte del alumno
- Informe realizado por grupos de alumnos sobre las prácticas de laboratorio
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

#### g Material docente

---

[Ir a la lista de lectura en Leganto](#)

#### g.1 Bibliografía básica

---

[Ir a la sección](#)

[1] J. M. Hernando Rábanos, *Transmisión por radio*, 7ª ed. Madrid :: Centro de Estudios Ramón Areces, 2013.

[Ir al ejemplar](#)

[2] D. Tse, *Fundamentals of wireless communication / David Tse, Pramod Viswanath*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

[Ir al ejemplar](#)

[3] A. Goldsmith, *Wireless communications*. Cambridge :: Cambridge University Press, 2005.

[Ir al ejemplar](#)

[4] O. Sallent Roig, *Principios de comunicaciones móviles*. Barcelona :: Edicions UPC, 2003.

[Ir al ejemplar](#)

[5] N. M. S. I.I. Fernández Tobías, *Emisiones Radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y Protocolos de Certificación*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. [En línea]. Disponible en: <https://www.coit.es/informes/emisiones-radioelectricas-normativa-tecnicas-de-medida-y-protocolos-de-certificacion-ano>

[Ir al ejemplar](#)



## **g.2 Bibliografía complementaria**

[Ir a la sección](#)

[6] J. M. Hernando Rábanos, *Comunicaciones móviles*, 3ª ed. Madrid :: Centro de Estudios Ramón Areces, 2015.

[Ir al ejemplar](#)

[7] W. C. Y. Lee, *Mobile communications design fundamentals*, 2nd ed. New York :: John Wiley & Sons, 1993.

[Ir al ejemplar](#)

[8] H. Sizon, *Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications [electronic resource]*, 1st ed. 2005. Berlin, Heidelberg :: Springer Berlin Heidelberg ; Imprint Springer, 2005.

[Ir al ejemplar](#)

[9] D. B. Davidson, *Computational electromagnetics for RF and microwave engineering*, Second edition. Cambridge :: Cambridge University Press, 2011.

[Ir al ejemplar](#)

[10] T. S. Rappaport, *Wireless communications : principles and practice*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J. :: Prentice Hall PTR, 2002.

[Ir al ejemplar](#)

[11] S. N. Makarov, V. Iyer, S. Kulkarni, y S. R. Best, *Antenna and EM Modeling with MATLAB Antenna Toolbox*. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated, 2021.

[Ir al ejemplar](#)

## **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

- Guía de telecomunicación y electrónica (biblioteca UVA): <https://biblioguias.uva.es/c.php?g=654105>
- Normas UNE de AENOR ofrecidas por la biblioteca UVA.
- Recursos electrónicos de la biblioteca UVA.
- Videos y píldoras de conocimiento sobre partes concretas de la materia.
- Ejercicios prácticos para su realización fuera del laboratorio.

## **h. Recursos necesarios**

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en la web ETSIT-UVA o en la plataforma Moodle ubicada en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Laboratorio de ordenadores equipados con Matlab y acceso a internet
- Analizadores de espectro, antenas, transceptores radio.
- Servidor con repositorio para control de versiones.
- Documentación de apoyo.

## **i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
6,0	Semanas 1 a 15

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Se emplearán los siguientes métodos docentes durante el desarrollo de la asignatura:

- Actividades presenciales:
  - Clases de teoría: clase magistral participativa apoyada en el Campus Virtual UVa
  - Seminarios: estudio de casos prácticos dirigido por el profesor.
  - Laboratorio: desarrollo de prácticas de fundamentos de radiación y radiocomunicaciones. El trabajo será individual o en grupos reducidos dependiendo de las circunstancias.
- Actividades no presenciales:
  - Trabajo individual. Estudio/trabajo personal. Resolución de ejercicios. Desarrollo de las actividades no presenciales propuestas. Preparación del contenido de las prácticas antes de asistir a las sesiones de laboratorio.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	25	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	15		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Informes de prácticas de laboratorio	30%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.
Examen final escrito	70%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación en



la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita y 4,5.

- **Convocatoria extraordinaria<sup>(\*)</sup>:**

- Se mantiene la calificación obtenida en el primer instrumento de la tabla en ese mismo curso académico siempre que su calificación total sea de al menos 27 puntos sobre 55. El 70% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.
- Si no alcanza 27 puntos sobre 55, entonces el examen escrito de la convocatoria extraordinaria supondrá el 80% y un 20% se obtendrá mediante un examen práctico extraordinario de laboratorio. En ambos exámenes se exigirá una nota mínima de 4,5 sobre 10 para superar la asignatura.

**(\*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.**

**Art 35.4 del ROA 35.4. La participación en la convocatoria extraordinaria no quedará sujeta a la asistencia a clase ni a la presencia en pruebas anteriores, salvo en los casos de prácticas externas, laboratorios u otras actividades cuya evaluación no fuera posible sin la previa realización de las mencionadas pruebas.**

<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

## 8. Consideraciones finales

El Anexo I mencionado en la guía, con la planificación detallada, se entregará al empezar la asignatura.

