



## 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 ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN  |                      |   |
| <b>Plan</b>                                    | 512   | <b>Código</b>        | 46630                                   |
| <b>Periodo de impartición</b>                  | 1 <sup>er</sup> CUATRIMESTRE  | <b>Tipo/Carácter</b> | OPTATIVA<br>(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<br>E-MAIL: <a href="mailto:juabla@tel.uva.es">juabla@tel.uva.es</a>  |                      |   |
| <b>Horario de tutorías</b>                     | Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías |                      |   |
| <b>Departamento</b>                            | TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA   |                      |   |



## 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 3<sup>er</sup> 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 principales tipos de sistemas de radiocomunicaciones, sus características y su evolución.
- Analizar y comprender la gestión del espectro electromagnético.
- Calcular enlaces radioeléctricos fijos terrestres y satelitales teniendo en cuenta la definición, normativa técnica y planificación de sistemas radioeléctricos.
- Utilizar herramientas de simulación y planificación radioeléctrica sencillas.
- Analizar y calcular la influencia de los tipos de desvanecimiento más comunes.
- Calcular las mejoras obtenidas mediante técnicas de diversidad y acceso múltiple.
- Calcular la probabilidad de indisponibilidad y calidad de los enlaces.
- Calcular las probabilidades de error con diversidad.
- Describir los tipos de handover o traspaso.
- Promediar el efecto de los desvanecimientos.
- Describir las condiciones para una probabilidad de traspaso indeseado baja.
- Caracterizar los parámetros estadísticos asociados al handover para modelos de movilidad sencillos.
- Enumerar las funciones principales de un sistema celular y los tipos de células.
- Enumerar los elementos de las redes GSM, UMTS, WiMAX y LTE.
- Analizar y calcular coberturas, interferencia cocanal y capacidad en sistemas celulares.
- Definir e interpretar los parámetros de las antenas y ser capaz de seleccionar la antena y los parámetros más adecuados en el diseño de sistemas de radiocomunicaciones.
- Utilizar herramientas de simulación para estimar los parámetros de un sistema radiante.
- Utilizar correctamente instrumental básico de medida de emisiones.
- Peritar, calcular y hacer valoraciones e informes sobre emisiones radioeléctricas.
- Valorar la influencia de los sistemas de radiocomunicación sobre el desarrollo, la sociedad y la salud.
- Utilizar hojas de especificaciones de componentes para extraer los datos más relevantes y poder comparar entre diferentes alternativas.



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

| ACTIVIDADES PRESENCIALES                           | 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         |                                       |           |
| <b>Total presencial</b>                            | <b>60</b> | <b>Total no presencial</b>            | <b>90</b> |



## 5. 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 los sistemas de radiocomunicaciones

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Nociones básicas
- 1.3 El espectro radioeléctrico
- 1.4 Principales sistemas de radiocomunicaciones
- 1.5 Evolución

##### TEMA 2: Modelado del enlace radioeléctrico

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Propiedades del canal
- 2.3 Modelado determinista
- 2.4 Modelado empírico
- 2.5 Modelado estadístico
- 2.6 Enlaces del sistema terrenal fijo
- 2.7 Enlaces vía satélite

##### TEMA 3: Técnicas de aprovechamiento del canal radio

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Técnicas de Diversidad
- 3.3 Técnicas de acceso múltiple
- 3.4 Técnicas de duplexado

##### TEMA 4: Radiocomunicaciones celulares FDMA/TDMA

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Estructura celular



- 4.3 Dimensionado del sistema
- 4.4 Handover o traspaso
- 4.5 Funciones básicas
- 4.6 GSM

#### **TEMA 5: Radiocomunicaciones celulares CDMA**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Fundamentos y propiedades
- 5.3 Gestión de potencias
- 5.4 Planificación
- 5.5 UMTS

#### **TEMA 6: Fundamentos de OFDMA y MIMO**

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Fundamentos de OFDMA
- 6.3 Fundamentos de MIMO
- 6.4 WiMAX
- 6.5 LTE

#### **TEMA 7: Emisiones radioeléctricas**

- 7.1 Objetivos
- 7.2 Efectos de las emisiones radioeléctricas
- 7.3 Normativa en materia de emisiones radioeléctricas
- 7.4 Conceptos básicos. Distancias de protección y zonas de exclusión
- 7.5 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. Bibliografía básica

- J. M. Hernando Rábanos, L. Mendo Tomás y J.M. Riera Salis, *Transmisión por Radio*, Centro de Estudios Ramón Areces. 2013.
- O. Sallent Roig, J. L. Valenzuela González, R. Agustí Comes, *Principios de Comunicaciones Móviles*, Edicions UPC, 2003.
- I.I. Fernández Tobías, N. Miranda Santos, M. Molina García, P. Almorox González, J.I. Alonso Montes, *Emisiones Radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y Protocolos de Certificación*. Cuaderno Cátedra COIT, Vol. 1-2008. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2008.

### h. Bibliografía complementaria

- A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.
- J. M. Hernando Rábanos, *Comunicaciones Móviles*, Editorial Universitaria Ramón Areces, 2004.
- W. C. Y. Lee, *Mobile Communications*, McGraw Hill, 1992.
- H. Sizun, *Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications*, Springer, 2005.
- S. N. Makarov, *Antenna and EM Modeling with Matlab*, Wiley, 2002.
- D. Davidson, *Computational Electromagnetics for RF and Microwave Engineering*, Cambridge University Press, 2005.
- T. R. Rappaport, *Wireless Communications. Principles and Practice*, 2ª ed., Prentice Hall, 2002

### i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, en general facilitados por la UVa o el profesor, excepto algún material de laboratorio de bajo coste:

- Servidor con repositorio subversión.
- Documentación de apoyo.
- Laboratorio de PCs con Matlab.
- Instrumentación para medir y generar señales de radiofrecuencia.

## 6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO                           | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|---|------------|--------------------------------|
| Bloque 1: Sistemas de Radiocomunicaciones | 6.0 ECTS   | Semana 1 a 15                  |

## 7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO   | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES   |
|---|-----------------------|---|
| Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula | 5%                    |   |
| Aportaciones al repositorio de la asignatura.   | 5%                    |   |
| Resolución de una serie de problemas a lo largo de la asignatura                          | 20%                   |   |
| 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 para superar la asignatura. |
| Examen final escrito  | 40%                   | Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 para superar la asignatura. |

En el caso de la convocatoria extraordinaria:

- Se mantiene la calificación obtenida en los cuatro primeros instrumentos de la tabla en ese mismo curso académico siempre que se cumplan los requisitos mencionados y su calificación total sea de al menos 30 puntos sobre 60. El 40% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.
- Si no alcanza 30 puntos sobre 60 o no se ha alcanzado la nota mínima necesaria en los informes de prácticas, 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 de al menos 4.5 sobre 10, y una media ponderada de al menos 5.0 sobre 10 para superar la asignatura.

En ambas convocatorias, si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos anteriormente, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita y 4.5.

## 8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.