

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR RADIO		
Materia	COMUNICACIONES POR RADIO		
Módulo			
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	727	Código	48086
Periodo de impartición	1er CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	3º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	JUAN BLAS PRIETO		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5568 E-MAIL: juabla@tel.uva.es		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
Fecha de revisión por el Comité de Título	23 de junio de 2026		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Sistemas de comunicaciones por radio es una asignatura obligatoria que se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. La asignatura forma parte de la materia Comunicaciones por Radio junto con las asignaturas siguientes: Antenas y Propagación, Sistemas de Telecomunicación y Radiodeterminación, Comunicaciones Móviles y Sistemas de Telecomunicación en Movilidad. Salvo esta asignatura, el resto se imparten en cuarto curso.

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.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con las materias “Fundamentos de Ingeniería Electromagnética” y “Fundamentos de Señales, Sistemas y Comunicaciones”, ya que dichas materias proporcionan los conocimientos básicos para comprender los sistemas de radiocomunicaciones 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. Son necesarios conocimientos básicos de Matemáticas I (Álgebra Lineal) y Matemáticas II (Cálculo).

2. Resultados del proceso de formación y aprendizaje

2.1 Conocimientos o contenidos

C11: Conocer, comprender y aplicar los conceptos que permiten diseñar sistemas de comunicación por radio y de comunicaciones guiadas.

2.2 Habilidades o destrezas

HD14: Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.

HD15: Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico

HD16: Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos

HD17: Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad

HD18: Capacidad para trabajar en diversos entornos como laboratorios y empresas, supervisados por profesionales especializados

HD24: Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo

HD25: Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

HD26: 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.

2.3 Competencias

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

ST4: Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radio enlaces y radio determinación

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

ST6: Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesamiento analógico y digital de señal.

3. Objetivos

Objetivos conceptuales:

- Conocer la clasificación del espectro radioeléctrico en bandas de frecuencia (VLF–EHF) y el marco normativo internacional (UIT-R) y nacional (CNAF).
- Comprender los mecanismos físicos de propagación que afectan a las ondas (reflexión, refracción, difracción, dispersión, absorción) y el cálculo de pérdidas básicas de propagación.
- Identificar los fenómenos de desvanecimiento (desvanecimiento plano y selectivo en frecuencia y tiempo) y su modelado estadístico.
- Comprender el balance de potencia de un radioenlace y los conceptos de margen de desvanecimiento y disponibilidad del enlace.
- Analizar parámetros (ganancia, directividad, diagrama de radiación, ROE), tipologías de antenas (dipolos, bocinas, parabólicas, agrupaciones) y técnicas avanzadas para mejorar la capacidad y eficiencia como Beamforming, MIMO y Massive MIMO.
- Identificar las modulaciones analógicas (AM, FM) y digitales (PSK, QAM, OFDM) y relacionar la eficiencia espectral con la robustez frente al ruido.
- Comprender el teorema de Shannon-Hartley como límite físico de capacidad y el uso de códigos de canal modernos (Turbo, LDPC, Polar) para garantizar transmisiones fiables
- Comprender la evolución desde la radio AM/FM hasta los sistemas digitales DAB+ y DVB-T2; las ventajas de la modulación COFDM frente al multitrayecto; el uso de Redes de Frecuencia Única (SFN); la codificación de vídeo y el impacto regulatorio del dividendo digital y la reordenación de bandas.
- Explicar las leyes de Kepler, los parámetros orbitales y la clasificación de satélites según su altura y cobertura (GEO, MEO, LEO, HEO).
- Comprender la arquitectura de un sistema satelital (segmento espacial, terreno y usuario) y el cálculo del balance de enlace mediante figuras de mérito
- Identificar de bandas de frecuencia (L, S, C, Ku, Ka), la atenuación por lluvia y las técnicas de acceso satelitales (FDMA, TDMA, VSAT).

- Principio de funcionamiento por trilateración en navegación por satélite (GPS, Galileo, etc.), identificación de fuentes de error (ionosfera, multitrayecto) y técnicas de alta precisión.
- Comprender la arquitectura de red LTE (EPC, eNodeB, interfaz S1/X2) y 5G NR (5GC, gNB, arquitectura SA/NSA).
- Comprender esquemas de acceso (FDMA, TDMA, W-CDMA, OFDMA, SC-FDMA), modelos de canal móvil y la numerología flexible de 5G (bandas FR1 y FR2).
- Analizar los tres pilares de 5G (eMBB, URLLC, mMTC), la gestión de recursos de radio (scheduling, handover) y tecnologías de virtualización de red (NFV, SDN, MEC, Network Slicing)..
- Introducción al IoT celular y al paradigma de redes abiertas y desagregadas (O-RAN).
- Comprender la evolución desde Wi-Fi 4 hasta Wi-Fi 7 (MU-MIMO, MLO), mecanismos de acceso al medio (CSMA/CA) y protocolos de seguridad (WPA2/WPA3, 802.1X).
- Comprender Bluetooth Classic y BLE (modelo GATT, Mesh), y el estándar IEEE 802.15.4 como base para tecnologías IoT de baja potencia (Zigbee, Thread, 6LoWPAN).
- Comprender la capa PHY y MAC de IEEE 802.15.4 y las tecnologías que se construyen sobre ella (Zigbee, 6LoWPAN, Thread, WirelessHART).
- Comprender los fundamentos de RFID (LF/HF/UHF), los modos de operación de NFC, y la localización de alta precisión centimétrica mediante UWB (ToA/TDoA).
- Comprender la tecnología LoRa/LoRaWAN (modulación por espectro ensanchado CSS) y las estrategias para resolver la interferencia.

Objetivos procedimentales:

- Calcular la pérdida de trayecto en espacio libre (Friis) y elaborar balances de potencia completos incorporando ganancias, pérdidas, ruido, margen de desvanecimiento y disponibilidad.
- Aplicar técnicas de diversidad para combatir el desvanecimiento y evaluar la calidad de modulaciones digitales analizando curvas teóricas y experimentales de tasas de error
- Interpretar recomendaciones internacionales de la UIT (ITU-R P.525, P.530, P.676) para modelar gases y lluvia (en bandas Ku/Ka), y utilizar herramientas software de planificación sobre perfiles de terreno reales.
- Determinar ventanas de visibilidad de satélites (GEO/LEO), calcular ángulos de apuntamiento (azimut/elevación) y resolver balances de enlace completos.
- Estimar la cobertura de transmisores usando el modelo ITU-R P.1546 y verificar la compatibilidad electromagnética entre redes.
- Diseñar redes de frecuencia única calculando distancias de sincronización y retardos admisibles según el intervalo de guarda.
- Diagnosticar degradaciones en señales DVB-T2 mediante parámetros de calidad (C/N, MER, BER) y configurar el multiplex (constelación, código, modo) para maximizar la capacidad.
- Aplicar modelos de propagación móviles (Okumura-Hata, 3GPP TR 38.901) para dimensionar redes en cobertura y capacidad, interpretando especificaciones técnicas de la 3GPP.
- Analizar el scheduling de bloques de recursos (Resource Blocks), evaluar la eficiencia espectral y diseñar procedimientos de handover optimizando umbrales de RSRP y RSRQ.
- Diseñar la coexistencia de network slices (eMBB y URLLC) y configurar parámetros de redes de bajo consumo como NB-IoT para escenarios de interiores.
- Calcular la dilución de precisión (DOP) a partir de la geometría de los satélites y estimar el presupuesto total de errores (reloj, ionosfera, multitrayecto).

- Implementar y configurar cadenas de procesamiento diferencial (DGNSS o RTK) para alcanzar precisiones centimétricas, estimando la infraestructura de referencia necesaria.
- Planificar redes inalámbricas seleccionando bandas, asignando canales, posicionando puntos de acceso (AP) y configurando parámetros de calidad de servicio (EDCA).
- Optimizar el factor de dispersión (SF) y el balance de enlace en redes LoRaWAN.

Objetivos actitudinales

- Actuar con rigor técnico en el uso de unidades, terminología normalizada e interpretación de especificaciones, evitando errores que puedan comprometer la seguridad o la calidad del servicio.
- Cumplir y valorar el marco regulatorio (recomendaciones UIT-R, directivas europeas, normativa nacional) como garantía de interoperabilidad, calidad y protección del usuario.
- Actuar con honestidad intelectual al presentar resultados de cálculos, simulaciones o medidas, diferenciando claramente los supuestos adoptados de los resultados verificados.
- Colaborar de forma efectiva en equipos de trabajo multidisciplinares, asumiendo roles y responsabilidades de manera flexible y coordinada.
- Desarrollar hábitos de documentación técnica rigurosa: redacción de informes, especificaciones y memorias que permitan la reproducibilidad y la trazabilidad de las decisiones de diseño.
- Comunicar con claridad y precisión los resultados técnicos a audiencias tanto especializadas como no especializadas, adaptando el nivel de detalle al destinatario.
- Mostrar respeto y valoración por las aportaciones de otros miembros del equipo, fomentando un ambiente de debate técnico constructivo y libre de sesgos.
- Valorar el espectro radioeléctrico como recurso natural limitado y bien público, apreciando la importancia de su gestión eficiente y coordinada a escala internacional.
- Mostrar sensibilidad hacia el impacto ambiental de las infraestructuras de telecomunicación: consumo energético de las redes celulares, despliegue de constelaciones LEO y emisiones electromagnéticas.
- Incorporar criterios de sostenibilidad en las decisiones de diseño: eficiencia energética de los equipos, selección de tecnologías de bajo consumo para IoT y consideración del ciclo de vida de los dispositivos.
- Reconocer los límites de exposición a campos electromagnéticos (ICNIRP) y actuar con precaución y transparencia en la comunicación pública sobre radiaciones no ionizantes.

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 aspectos transversales a los sistemas de radiocomunicaciones, se hace un recorrido por los sistemas de radiocomunicaciones más importantes.

b. Objetivos de aprendizaje

Véase el apartado 3 objetivos de la asignatura.

c. Contenidos

TEMA 1: Fundamentos de radiocomunicación y radioenlaces

- 1.1. Introducción a los sistemas radioeléctricos
- 1.2. Fundamentos de los enlaces radioeléctricos
- 1.3. Radiopropagación
- 1.4. Radio definida por software, sistemas cognitivos

TEMA 2: Fundamentos de Radiodifusión terrenal

- 2.1. Introducción a los sistemas de radiodifusión
- 2.2. Radiodifusión sonora analógica
- 2.3. Radio digital terrestre
- 2.4. Televisión digital terrestre
- 2.5. Servicios interactivos y nuevas tendencias
- 2.6. Planificación de cobertura y regulación

TEMA 3: Fundamentos de comunicación y navegación por satélite

- 3.1. Mecánica orbital y tipos de órbita
- 3.2. Segmentos del sistema satelital
- 3.3. Balance de enlaces satelitales
- 3.4. Interferencias en sistemas satelitales
- 3.5. Sistemas y aplicaciones de comunicación por satélite
- 3.6. Sistemas de navegación global por satélite

TEMA 4: Fundamentos de comunicaciones móviles

- 4.1. Canal radio móvil y modelos de propagación
- 4.2. Técnicas de acceso múltiple y duplexación
- 4.3. Arquitectura de redes LTE y 5G NR
- 4.4. Gestión de recursos radio y planificación celular
- 4.5. IoT celular, virtualización y tendencias

TEMA 5: Fundamentos de comunicaciones de corto alcance

- 5.1. WLAN: Wi-Fi (IEEE 802.11)
- 5.2. Bluetooth y Bluetooth Low Energy
- 5.3. IEEE802.15.4 y redes de sensores de baja potencia
- 5.4. RFID y NFC: identificación por radiofrecuencia
- 5.5. Ultra-Wideband (UWB) localización de alta precisión
- 5.6. LoRa/LoRaWAN y LPWAN

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

g.1 Bibliografía básica

- [1] J. M. Hernando Rábanos, *Transmisión por radio*, 7ª ed. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 2013.
- [2] D. Tse, *Fundamentals of wireless communication* / David Tse, Pramod Viswanath. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [3] A. Goldsmith, *Wireless communications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [4] O. Sallent Roig, *Principios de comunicaciones móviles*. Barcelona: Edicions UPC, 2003.
- [5] T. Pratt y J. Alnutt, *Satellite communications*, 3rd ed. John Wiley & Sons, 2020.
- [6] E. Dahlman et al., *5G NR The Next Generation Wireless Access Technology*, 2nd ed. Academic Press, 2020.
- [7] E. Perahia, *Next generation wireless LANs 802.11n and 802.11ac*, Cambridge University Press, 2013.

g.2 Bibliografía complementaria

- [8] J. M. Hernando Rábanos, *Comunicaciones móviles*, 3ª ed. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 2015.
- [9] W. C. Y. Lee, *Mobile communications design fundamentals*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.
- [10] H. Sizun, *Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications [electronic resource]*, 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint Springer, 2005.
- [11] T. S. Rappaport, *Wireless communications: principles and practice*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall PTR, 2002.

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>
- 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 Python 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 ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Laboratorios (L)	15		
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^(*):**
 - 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

En la prueba escrita no se podrán emplear dispositivos electrónicos de ningún tipo. Si algún dispositivo de este tipo se emplease sin permiso expreso del profesorado de la asignatura, la calificación en esa prueba será de cero puntos.

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