

**Proyecto/Guía docente de la asignatura Adaptada a la Nueva Normalidad**

| | | | |
|--|--|----------------------|---|
| Asignatura | SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES | | |
| Materia | COMUNICACIONES | | |
| Módulo | MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Titulación | GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECIFICAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Plan | 512 | Código | 46630 |
| Periodo de impartición | 1er CUATRIMESTRE | Tipo/Carácter | OPTATIVA (OBLIGATORIA DE LA MENCIÓN) |
| Nivel/Ciclo | GRADO | Curso | 4º |
| 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 | | |
| Horario tutorías | Ver Tutorías en http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-Especificas-de-Telecomunicacion/ | | |
| Departamento | 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.

De forma excepcional para este curso 2020-2021, se disminuye la presencialidad, pasando del 40% establecido en la memoria de verificación a una presencialidad del 35%/30%, con el objetivo de optimizar los espacios seguros disponibles, ajustando su utilización al calendario de actividades lectivas y al tamaño más pequeño de los grupos y buscando la máxima presencialidad del estudiante a nivel de título.

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.

Dado el escenario de "nueva normalidad" y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o se podrán utilizar herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.

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.
- Promediar el efecto de los desvanecimientos.
- Analizar y calcular sistemas multiportadora y multiantena.
- Analizar y calcular la capacidad máxima de un enlace.
- 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. 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. Ensombrecimiento

2.2. Cobertura e interferencia

2.3. Multitrayecto

2.4. Movilidad

2.5. Difracción

TEMA 3: Mejora de la capacidad del canal radio

3.1. Ensombrecimiento

3.2. Diversidad y combinación

3.3. Radio definida por software, sistemas cognitivos

TEMA 4: Sistemas multiantena

4.1. Modelo de canal

4.2. Codificación espacio-temporal

4.3. Multiplexación espacial

TEMA 5: Emisiones radioeléctricas

5.1. Efectos 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

g.1 Bibliografía básica

- J. M. Hernando Rábanos, L. Mendo Tomás y J.M. Riera Salis, *Transmisión por Radio*, Centro de Estudios Ramón Areces. 2013.
- A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.
- 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.

g.2 Bibliografía complementaria

- 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

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

En el caso de necesidades docentes por nuevo confinamiento o cualquier otra circunstancia que se pudiera producir, en el caso de ser necesario los profesores pondrían a disposición de los alumnos todos o algunos de los siguientes recursos:

- 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.

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y/o la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

i. Temporalización

| CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|------------|--------------------------------|
| 6.0 | Semanas 1 a 13 |

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clase magistral.
- Seminario.
- Trabajo en el 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) | 20 | Estudio y trabajo autónomo individual | 74 |
| Clases prácticas de aula (A) | 0 | Estudio y trabajo autónomo grupal | 24 |
| Laboratorios (L) | 20 | | |
| Prácticas externas, clínicas o de campo | 0 | | |
| Seminarios (S) | 12 | | |
| Tutorías grupales (TG) | 0 | | |
| Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes) | 0 | | |
| Total presencial | 52 | Total no presencial | 98 |
| TOTAL presencial + no presencial | | | 150 |

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos 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 |
|---|-----------------------|---|
| Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula | 5% | |
| Resolución de dos series de problemas a lo largo de la asignatura | 25% | |
| Informes de prácticas de laboratorio | 35% | Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4,5 sobre 10. |
| Examen final escrito | 35% | Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4,5 sobre 10. |

Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita y 4,5.

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 65. El 35% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.
- Si no alcanza 30 puntos sobre 65 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 mínima de 4,5 sobre 10 para superar la asignatura.

8. Consideraciones finales

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



**Adenda a la Guía Docente de la asignatura****A4. Contenidos y/o bloques temáticos****Bloque 1: “Sistemas de Radiocomunicaciones”**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6,0

c. Contenidos Adaptados a formación online

Se proporcionará a los alumnos:

- Diapositivas y/o documentos de apoyo de la asignatura.
- Enunciado de prácticas que puedan desarrollarse de forma no presencial.
- Las clases magistrales/seminarios podrán ser impartidas mediante clases grabadas y/o videoconferencias.

d. Métodos docentes online

- Clases magistrales/seminarios impartidas por videoconferencia en el horario asignado a la asignatura.
- Clases grabadas.
- En el caso de las prácticas planteadas, los alumnos tendrán libertad para trabajar en ellas en el horario que prefieran, concretándose videoconferencias de tutorías para apoyar en el desarrollo de las mismas.
- Uso del campus virtual y otras actividades: Puesta a disposición del alumnado de diapositivas del curso y con material adicional complementario, entrega de prácticas a través del campus virtual.
- Para la comunicación con los estudiantes y para la resolución de dudas se utilizan los foros del campus virtual, el correo electrónico y, a petición del alumnado, videoconferencias para tutorías.

e. Plan de trabajo online

Se adaptará dependiendo del momento en el que se produjera un hipotético confinamiento.

f. Evaluación online

Si no se pudiera llevar a cabo un examen presencial, se haría una entrega síncrona de ejercicios prácticos. Se realiza mediante una tarea en el campus virtual que se abre a una hora determinada y permanece abierta durante un tiempo máximo de 60 minutos.

i. Temporalización

| CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|------------|--------------------------------|
| 6.0 | Primer cuatrimestre |

A5 Métodos docentes y principios metodológicos

Se empleará:

- Clases grabadas y/o clases magistrales participativas on-line por videoconferencia.
- Seminarios por videoconferencia.
- Desarrollo de prácticas utilizando los medios informáticos de los propios alumnos.
- Aprendizaje colaborativo con el Campus Virtual.
- Tutorías por videoconferencia.

A6 Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽²⁾ | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|---|-----------|---------------------------------------|------------|
| Clases teórico-prácticas (T/M) | 20 (*) | Estudio y trabajo autónomo individual | 74 |
| Clases prácticas de aula (A) | 0 | Estudio y trabajo autónomo grupal | 24 |
| Laboratorios (L) | 20 (**) | | |
| Prácticas externas, clínicas o de campo | 0 | | |
| Seminarios (S) | 12 (*) | | |
| Tutorías grupales (TG) | 0 | | |
| Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes) | 0 | | |
| Total presencial a distancia | 52 | Total no presencial | 98 |
| TOTAL presencial + no presencial | | | 150 |

(2) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

(*) Parte de esas horas podrían pasar a "Actividades no presenciales individuales – Estudio y trabajo autónomo individual" pues una parte de las mismas podrá impartirse mediante grabaciones en vídeo en lugar de mediante clases por videoconferencia en directo.

(**) Las 20 horas previstas inicialmente para laboratorios pasarían, en caso de confinamiento durante todo el cuatrimestre a "Actividades no presenciales individuales – Estudio y trabajo autónomo individual", pues el alumno realizaría las prácticas en su propio ordenador y en el horario que prefiera, pudiendo concertarse sesiones de tutoría por videoconferencia para la aclaración de dudas.

**A7 Sistema y características de la evaluación**

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES |
|---|-----------------------|---|
| Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas | 5% | Se valorará fundamentalmente la iniciativa personal para resolver problemas, la independencia a la hora de proponer soluciones y el manejo continuado del repositorio de la asignatura. |
| Resolución de dos series de problemas a lo largo de la asignatura | 25% | |
| Informes de prácticas de laboratorio | 35% | Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10. |
| Examen final escrito | 35% | Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10. |

Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita y 4,5.

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 65. El 35% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.
- Si no alcanza 30 puntos sobre 65 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. En ambos exámenes se exigirá una nota mínima de 4,5 sobre 10 para superar la asignatura.