

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

| | | | |
|--|---|----------------------|--------------------------------------|
| Asignatura | TRANSMISIÓN POR RADIO | | |
| Materia | ELECTROMAGNETISMO EN COMUNICACIONES | | |
| Módulo | MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Titulación | GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN – MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Plan | 512 | Código | 46625 |
| Periodo de impartición | 2º CUATRIMESTRE | Tipo/Carácter | OPTATIVA (OBLIGATORIA DE LA MENCIÓN) |
| Nivel/Ciclo | GRADO | Curso | 3º |
| Créditos ECTS | 6 ECTS | | |
| Lengua en que se imparte | ESPAÑOL | | |
| Profesor/es responsable/s | PEDRO CHAMORRO POSADA | | |
| Datos de contacto (E-mail, teléfono...) | TELÉFONO: 983 185545 E-MAIL: pedcha@tel.uva.es | | |
| Horario de tutorías | Véase www.uva.es → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías | | |
| Departamento | TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA | | |



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Los sistemas de transmisión inalámbricos han experimentado un desarrollo muy importante en las últimas décadas. Aparte de sus aplicaciones más convencionales (en radioenlaces, sistemas celulares de telefonía móvil o redes de difusión) las tecnologías radioeléctricas no guiadas han penetrado ampliamente en otros ámbitos como las redes de área local, de área metropolitana, de área personal o en la red de acceso. En la asignatura Transmisión por Radio se estudian los fundamentos de las comunicaciones no guiadas: la generación y propagación de ondas de radio y su aplicación en sistemas de transmisión de la información. Al alumno se le presentarán los conceptos fundamentales de los sistemas radiantes y las propiedades básicas de propagación de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia.

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%, 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 del título.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura pertenece al grupo de materias que tratan sobre los campos electromagnéticos como soporte de la transmisión de la información. La base de esta troncalidad se encuentra en Campos Electromagnéticos de la materia Fundamentos de Ingeniería Electromagnética. Existe una relación muy estrecha también con Teoría y Aplicaciones de los Campos Guiados que, junto con Transmisión por Radio, constituye la materia Electromagnetismo en Comunicaciones y en la que se estudian los fundamentos de las comunicaciones guiadas. Esta asignatura está también relacionada con Sistemas de Radiocomunicaciones, a la que sirve de base.

1.3 Prerrequisitos

No es preceptivo haber cursado ninguna asignatura en particular de manera previa. Sin embargo, el alumno ha de ser consciente de que los conceptos básicos relacionados con la generación y propagación de ondas electromagnéticas se estudian en Campos Electromagnéticos. Es también recomendable haber cursado en el primer cuatrimestre Teoría y Aplicaciones de los Campos Guiados por la relación que existe entre estas dos asignaturas.

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

- 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.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

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:

- Conocer y comprender los fundamentos básicos de la generación y detección de ondas de radio.
- Calcular el campo lejano producido por sistemas radiantes simples.
- Definir y determinar los parámetros fundamentales de una antena.
- Sintetizar diagramas de radiación mediante agrupaciones de antenas.
- Conocer y comprender los distintos efectos que afectan a la propagación de las ondas electromagnéticas.
- Analizar y diseñar sistemas de radiocomunicación.
- Estudiar algunas propiedades de las antenas en el laboratorio.
- Emplear herramientas de simulación en el estudio de problemas de radiación y propagación.





4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|--------------------------------|-----------|---|------------|
| Clases teórico-prácticas (T/M) | 26 | Estudio y trabajo autónomo individual | 98 |
| Clases prácticas de aula (A) | 12 | | |
| Laboratorios (L) | 14 | | |
| Total presencial | 52 | Total no presencial | 98 |
| | | Total presencial + no presencial | 150 |





5. Bloques temáticos

Bloque 1: Radiación

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4,5

a. Contextualización y justificación

Este bloque proporciona una introducción a la radiación electromagnética. El alumno adquirirá los conocimientos básicos relativos a los campos de radiación y su generación mediante sistemas radiantes, así como destrezas básicas para el análisis y diseño de algunos sistemas simples y su aplicación en sistemas de radiocomunicaciones.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer y comprender los fundamentos teóricos básicos de la radiación electromagnética.
- Conocer los principales parámetros de las antenas.
- Calcular el campo lejano producido por sistemas radiantes simples.
- Comprender el funcionamiento de las agrupaciones de antenas.
- Sintetizar diagramas de radiación mediante agrupaciones.
- Analizar ranuras, bocinas y antenas reflectoras.
- Comprender el comportamiento de la antena en recepción.
- Caracterizar algunas de las propiedades de sistemas radiantes en el laboratorio.

c. Contenidos

TEMA 1: Radiación electromagnética

- 1.1 Objetivos.
- 1.2 Ecuaciones de Maxwell y condiciones de frontera en superficies de discontinuidad.
- 1.3 Ondas electromagnéticas.
- 1.4 Radiación electromagnética. Potenciales retardados.
- 1.5 Campo próximo y campo lejano. Características del campo de radiación.
- 1.6 Expansión multipolar. Aproximación dipolar eléctrica.

TEMA 2: Sistemas Radiantes

- 2.1 Algunos sistemas radiantes simples.
- 2.2 Parámetros de los sistemas radiantes.
- 2.3 Teorema de reciprocidad. Antenas receptoras.

TEMA 3: Antenas lineales delgadas

- 2.1 Objetivos.
- 2.2 Dipolos y monopolos.
- 2.3. Antenas de lazo.
- 2.4. Antenas lineales largas.



TEMA 4: Agrupaciones de antenas

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Radiación de agrupaciones de antenas.
- 4.3 Síntesis de agrupaciones.

TEMA 5: Difracción

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Difracción de Fresnel y difracción de Fraunhofer. Aproximación paraxial.
- 5.3 Principios de equivalencia.
- 5.4. Difracción producida por una pantalla semi-infinita.
- 5.5 Zonas de Fresnel. Elipsoides de Fresnel.

TEMA 6: Antenas de apertura

- 6.1 Objetivos.
- 6.2 Campos radiados por aperturas.
- 6.3 Bocinas.
- 6.4 Ranuras.
- 6.5 Antenas impresas.
- 6.6 Antenas reflectoras

PRÁCTICA 1: Medida de la ganancia de antenas de microondas.

PRÁCTICA 2: Medida del diagrama de radiación.

PRÁCTICA 3: Difracción de Fresnel.

PRÁCTICA 4: Difracción de Fraunhofer. Interferencia.

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Estudio de casos en laboratorio
- Resolución de problemas en el aula
- Resolución de problemas mediante el trabajo individual del alumno

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.
- Informe realizado por grupos de alumnos sobre el trabajo de laboratorio.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.



g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- R. E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill, 1985.
- A. Cardama, Ll. Jofre, J. M. Rius, J. Romeu, S. Blanch, *Antenas*, 2ª ed., Edicions UPC, 2002.

g.2 Bibliografía complementaria

- C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2ª ed., Wiley, 1997.
- J. D. Krauss, R. J. Marhefka, *Antennas for all applications*, 3rd. ed. McGraw-Hill, 2002.

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

- *Material bibliográfico preparado por el profesor para el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos.*
- *Colección de artículos de revistas científicas proporcionada por el profesor.*
- *Recomendaciones de la ITU.*

h. Recursos necesarios

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

- Documentación de apoyo.
- Bancos de microondas.
- Bancos ópticos.

**Bloque 2: Propagación**Carga de trabajo en créditos ECTS: **a. Contextualización y justificación**

En este bloque temático se estudian distintos efectos que tienen lugar en la propagación de ondas electromagnéticas y su impacto sobre los sistemas para la transmisión de la información. Se estudiarán los fenómenos básicos de la interferencia y la difracción, así como otros efectos de propagación que son relevantes en bandas de frecuencia específicas: distintos mecanismos de atenuación, la propagación por onda de superficie o la propagación ionosférica. También se estudian distintos modelos de propagación y su utilización en el diseño de sistemas radioeléctricos.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer y comprender los efectos relevantes en la propagación de señales radioeléctricas.
- Determinar el impacto de los distintos efectos de propagación.
- Utilizar herramientas de simulación en el estudio de la propagación de ondas de radio.
- Conocer modelos de propagación y aplicarlos al cálculo de cobertura para comunicaciones vía radio.

c. Contenidos**TEMA 1: Propagación radioeléctrica**

- 1.1 Objetivos.
- 1.2 El espectro radioeléctrico y los efectos dominantes en la propagación.
- 1.3 Interferencia.
- 1.4 Difracción.
- 1.5 Otros efectos sobre la propagación radioeléctrica.
- 1.6 Modelos predictivos.
- 1.7 Cálculo de radio-enlaces y de coberturas radioeléctrica.

PRÁCTICA 1: Diseño de enlaces y cálculo de coberturas.**d. Métodos docentes**

- Clase magistral participativa
- Estudio de casos en laboratorio
- Resolución de problemas en el aula
- Resolución de problemas mediante el trabajo individual del alumno

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.
- Informe realizado por grupos de alumnos sobre el trabajo de laboratorio.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- R. E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill, 1985.
- J. M. Hernando, *Transmisión por Radio*, 6ª ed., Editorial Universitaria Ramón Areces, 2008.

g.2 Bibliografía complementaria

- J.D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*, 2ª ed., Wiley, 2000.

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

- *Material bibliográfico preparado por el profesor para el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos.*
- *Colección de artículos de revistas científicas proporcionada por el profesor.*
- *Recomendaciones de la ITU.*

h. Recursos necesarios

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

- Documentación de apoyo.
- Instrumentación de radiofrecuencia.
- Entorno de simulación.



6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|-----------------------|------------|--------------------------------|
| Bloque 1: Radiación | 4.5 ECTS | Semana 1 a 10 |
| Bloque 2: Propagación | 1.5 ECTS | Semanas 11 a 13 |

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 | 10% | |
| Informes de prácticas de laboratorio | 30% | |
| Examen final escrito | 60% | Para aprobar la asignatura, es necesario obtener al menos una nota mínima de 4 sobre 10 en el examen final escrito. |

En el caso de la **convocatoria extraordinaria**:

- Se mantiene la calificación obtenida en las dos primeras entradas de la tabla anterior.

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

La adenda debe reflejar las adaptaciones sobre cómo se desarrollaría la formación si tuviese que ser desarrollada en modalidad online por mandato de autoridades competentes. Se deben conservar los horarios de asignaturas y tutorías publicados en la web de la UVa, indicar el método de contacto y suministrar un tiempo razonable de respuesta a las peticiones de tutoría (2-4 días lectivos). Describir el modo en que se desarrollarán las actividades prácticas. En el caso de TFG/TFM, desarrollar detalladamente los sistemas de tutorías y tutela de los trabajos.

A4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Radiación

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4,5

c. Contenidos Adaptados a formación online

Los contenidos son los especificados en la guía docente original, salvo por las prácticas, que por la imposibilidad de acceder al laboratorio se sustituyen por otras de simulación:

PRÁCTICA 1: Monopolos

PRÁCTICA 2: Antenas de lazo.

PRÁCTICA 3: Impedancia mutua.

PRÁCTICA 4: Arrays Yagi-Uda.

Estas prácticas están alojadas en una plataforma web desarrollada por el profesor y se desarrollarán en formato online, tal como se describe en el punto siguiente. Las prácticas de simulación se complementarán con sesiones de demostración hardware de los sistemas de radiación objeto de simulación realizadas por el profesor de la asignatura.

d. Métodos docentes online

Las sesiones de laboratorio online se desarrollarán de forma idéntica a las presenciales, con los alumnos trabajando de forma remota y conectados, lo mismo que el profesor, a través de la herramienta Zoom, creando una sesión virtual de laboratorio con las mismas rutinas relativas a las explicaciones de las prácticas y las consultas de los alumnos que en el laboratorio presencial.

Las clases de teoría se impartirán de la misma manera tanto en formato online como presencial, utilizando las transparencias y otros materiales realizados por el profesor y un dispositivo tipo tableta para las explicaciones escritas, como sustitución directa de la pizarra digital. Para las sesiones online, se establecerá una sesión de Zoom.

e. Plan de trabajo online

El plan de trabajo online no sufre modificaciones respecto al presencial.

f. Evaluación online



La evaluación de las prácticas se adaptará también al formato online. Tanto en el caso de docencia presencial como online, los alumnos dejarán sus memorias en la plataforma web de la asignatura que será empleada para la evaluación realizada por el profesor, y por los alumnos en la evaluación entre pares. Una vez finalizado el plazo de entrega de las memorias, el material quedará a disposición de los alumnos para su consulta, pero sin la posibilidad de modificarlo.

Para la realización del examen escrito, se empleará el procedimiento ensayado por el profesor en el confinamiento del segundo cuatrimestre del curso 2019-2010. Se creará una sesión de Zoom en la que, en todo momento, participarán tanto el profesor como los alumnos. El profesor distribuirá, una vez establecida la sesión, el examen a través del correo electrónico. Los alumnos enviarán las respuestas por correo a la finalización del mismo

i. Temporalización

La temporalización de la asignatura no se verá afectada por un posible confinamiento, respetándose en todo momento los horarios oficiales asignados a la docencia.

Bloque 2: Propagación

Carga de trabajo en créditos ECTS:

c. Contenidos Adaptados a formación online

Los contenidos son los especificados en la guía docente original. La práctica programada en este bloque

PRÁCTICA 1: Diseño de enlaces y cálculo de coberturas.

Es una práctica de simulación, que está alojada en una plataforma web desarrollada por el profesor, y se realizará online.

d. Métodos docentes online

Las sesiones de laboratorio online se desarrollarán de forma idéntica a las presenciales, con los alumnos trabajando de forma remota y conectados, lo mismo que el profesor, a través de la herramienta Zoom, creando una sesión virtual de laboratorio con las mismas rutinas relativas a las explicaciones de las prácticas y las consultas de los alumnos que en el laboratorio presencial.

Las clases de teoría se impartirán de la misma manera tanto en formato online como presencial, utilizando las transparencias y otros materiales realizados por el profesor y un dispositivo tipo tableta para las explicaciones escritas, como sustitución directa de la pizarra digital. Para las sesiones online, se establecerá una sesión de Zoom.

e. Plan de trabajo online



El plan de trabajo online no sufre modificaciones respecto al presencial.

f. Evaluación online

La evaluación de las prácticas se adaptará también al formato online. Tanto en el caso de docencia presencial como online, los alumnos dejarán sus memorias en la plataforma web de la asignatura que será empleada para la evaluación realizada por el profesor, y por los alumnos en la evaluación entre pares. Una vez finalizado el plazo de entrega de las memorias, el material quedará a disposición de los alumnos para su consulta, pero sin la posibilidad de modificarlo.

Para la realización del examen escrito, se empleará el procedimiento ensayado por el profesor en el confinamiento del segundo cuatrimestre del curso 2019-2010. Se creará una sesión de Zoom en la que, en todo momento, participarán tanto el profesor como los alumnos. El profesor distribuirá, una vez establecida la sesión, el examen a través del correo electrónico. Los alumnos enviarán las respuestas por correo a la finalización del mismo

i. Temporalización

La temporalización de la asignatura no se verá afectada por un posible confinamiento, respetándose en todo momento los horarios oficiales asignados a la docencia.

A5. Métodos docentes y principios metodológicos

Tal como se detalla en los apartados anteriores de la adenda, la docencia en formato online no implicará ninguna modificación relevante en los métodos docentes y los principios metodológicos.

A6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽²⁾ | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Clases teórico-prácticas (T/M) | 26 | Estudio y trabajo autónomo individual | 98 |
| Clases prácticas online (A) | 12 | | |
| Laboratorios online (L) | 14 | | |
| Total presencial | 52 | Total no presencial | 98 |

⁽²⁾ Actividad presencial a distancia en este contexto es aquella en que el grupo sigue por videoconferencia la clase impartida por el profesor en el horario publicado para la asignatura.

A7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando más del 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en situación de contingencia, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la adenda.



| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES |
|---|-----------------------|---|
| Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula | 10% | |
| Informes de prácticas de laboratorio | 30% | |
| Examen final escrito | 60% | Para aprobar la asignatura, es necesario obtener al menos una nota mínima de 4 sobre 10 en el examen final escrito. |

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Evaluación de los informes de las prácticas y el examen final escrito. Los alumnos deben demostrar un desarrollo adecuado de las competencias adquiridas en la asignatura en la elaboración de los informes de las prácticas y en la realización del examen escrito. En la evaluación de los informes de las prácticas se incluirá la evaluación entre pares a través de la herramienta web desarrollada por el profesor y en la que se alojan las prácticas. Esta valoración será tomada en cuenta (tras el escrutinio de la misma por parte del profesor) para la nota final junto con la evaluación de las prácticas realizada por el propio profesor de la asignatura, prevaleciendo siempre el criterio del profesor.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Evaluación de los informes de las prácticas y el examen final escrito. Los alumnos deben demostrar un desarrollo adecuado de las competencias adquiridas en la asignatura en la elaboración de los informes de las prácticas y el desarrollo del examen escrito. En la evaluación de los informes de las prácticas se incluirá la evaluación entre pares a través de la herramienta web desarrollada por el profesor y en la que se alojan las prácticas. Esta valoración será tomada en cuenta (tras el escrutinio de la misma por parte del profesor) para la nota final junto con la evaluación de las prácticas realizada por el propio profesor de la asignatura, prevaleciendo siempre el criterio del profesor.