

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS DE COMUNICACIONES GUIADAS		
<b>Materia</b>	COMUNICACIONES GUIADAS		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	460	<b>Código</b>	45028
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	3º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	IGNACIO DE MIGUEL JIMÉNEZ RAMÓN JOSÉ DURÁN BARROSO NOEMÍ MERAYO ÁLVAREZ		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5574 / ext. 5557 / ext. 5549 E-MAIL: <a href="mailto:ignacio.miguel@tel.uva.es">ignacio.miguel@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:rduran@tel.uva.es">rduran@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:noemer@tel.uva.es">noemer@tel.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

A pesar del gran desarrollo experimentado por las tecnologías inalámbricas en los últimos años, la mayor parte del tráfico relacionado con los servicios de telecomunicación tiene como soporte los sistemas de transmisión guiados. Dentro de los sistemas guiados, la fibra óptica es el medio de transmisión predominante en la red troncal y en las redes de área metropolitana, mientras que el cable conductor juega un importante papel en la red de acceso y las redes de área local, si bien es importante notar que la fibra óptica cada vez está tomando un papel más relevante también en estos últimos ámbitos. En la asignatura “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” se estudian las características más relevantes de los sistemas de transmisión guiada y su aplicación en las redes y sistemas para la transmisión de la información.

### 1.2 Relación con otras materias

---

Existe una relación muy estrecha entre la asignatura “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” y las otras dos asignaturas de la materia “Comunicaciones Guiadas”: “Teoría de Campos Guiados” (Obligatoria) y “Sistemas de Comunicaciones Ópticas” (Optativa). La primera se desarrolla en el primer cuatrimestre, mientras que la segunda se cursa en el segundo cuatrimestre de cuarto curso. Los fundamentos de esta materia se habrán cursado con anterioridad en la asignatura “Campos Electromagnéticos” correspondientes a la materia “Fundamentos de Ingeniería Electromagnética”. Para esta asignatura, son también importantes los conocimientos y destrezas adquiridas en la materia “Fundamentos de las Comunicaciones”.

### 1.3 Prerrequisitos

---

No existen requisitos previos de obligado cumplimiento para cursar la asignatura. Sin embargo, es recomendable que el alumno haya adquirido las destrezas y conocimientos asociados a la asignatura “Campos Guiados” de la materia “Ingeniería Electromagnética” del segundo curso de la titulación así como a la materia “Fundamentos de Comunicaciones”.



## 2. Competencias

- 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.
- GE2. Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y multilingüe, responsabilizándose de la dirección de actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad y consiguiendo resultados eficaces.
- 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.
- 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

- ST1. Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, 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.
- 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.
- COM1. Capacidad para reconocer, analizar y seleccionar arquitecturas de transmisores y receptores para diferentes servicios.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Dibujar el esquema básico de distintos sistemas de comunicaciones guiados.
- Explicar los fundamentos de la transmisión por distintos sistemas de comunicaciones guiados.
- Enumerar y describir los problemas que sufre la señal al propagarse por diversos medios guiados y ser capaz de aplicar métodos para minimizar su impacto
- Describir los elementos fundamentales para implementar distintos sistemas de transmisión por medios guiados.
- Utilizar hojas de especificaciones de componentes para extraer los datos más relevantes y poder comparar entre diferentes alternativas.
- Evaluar las ventajas e inconvenientes de distintos medios de transmisión guiados para distintas aplicaciones.
- Diseñar sistemas de comunicaciones guiados sencillos.
- Utilizar herramientas de simulación para estimar la calidad de un sistema de comunicaciones por fibra óptica.

En relación con estos objetivos, es importante destacar que, si bien se abordarán distintos sistemas de comunicaciones guiados, el énfasis estará en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

## 4. Bloques temáticos

### Bloque 1: Transmisión por fibra óptica

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

#### a. Contextualización y justificación

Dentro de los sistemas de comunicaciones guiadas, aquellos que utilizan la fibra óptica como soporte para la transmisión de la información son empleados habitualmente en enlaces troncales de longitud media a grande y de elevada capacidad. Las ventajas de la fibra óptica como medio de transmisión hacen de ésta una solución atractiva en otros ámbitos, como la red de acceso, especialmente a medida que la demanda de ancho de banda se incrementa progresivamente al tiempo que el coste de los distintos elementos empleados en la red disminuye. En este bloque temático se pretende dar una visión general de los sistemas de transmisión por fibra óptica, las características esenciales de los distintos elementos empleados en este tipo de sistemas y desarrollar las destrezas esenciales para el diseño y optimización de enlaces de fibra óptica.

#### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Dibujar el esquema básico de un sistema de comunicaciones ópticas.
- Conocer las codificaciones de canal empleadas en comunicaciones ópticas.
- Enumerar diferentes tipos de fibras ópticas, describir las características de cada una y ser capaz de seleccionar la más adecuada en cada escenario.
- Explicar el significado físico de los modos de propagación que soporta una fibra óptica y determinarlos con ayuda de gráficas.
- Enumerar y describir los principales problemas de la propagación por la fibra óptica (atenuación, dispersión y efectos no lineales) así como métodos para minimizar su impacto.
- Conocer los principios de funcionamiento y las características básicas de los elementos transmisores y receptores de un sistema de comunicaciones ópticas.
- Enumerar, describir y seleccionar los componentes necesarios para construir sistemas de comunicaciones ópticas, y describir sus principios físicos.
- Utilizar hojas de especificaciones de componentes para extraer los datos más relevantes y poder comparar entre diferentes alternativas.
- Diseñar enlaces de fibra óptica punto a punto satisfaciendo unos requisitos de calidad especificados.
- Utilizar herramientas de simulación comerciales para estimar la calidad de un sistema de comunicaciones ópticas.

#### c. Contenidos

##### TEMA 1: Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Ópticas

- 1.1 Objetivos
- 1.2 ¿Qué son los sistemas de comunicaciones ópticas (SCO)?
- 1.3 Tipos de SCO



- 1.4 Ejemplo de un SCO
- 1.5 Aprovechamiento y ampliación de la capacidad de los SCO
- 1.6 Ventajas e inconvenientes de los SCO guiados
- 1.7 Resumen

## **TEMA 2: Propagación de la Luz por la Fibra Óptica**

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Teorías de la luz
- 2.3 La fibra óptica
- 2.4 Análisis de la fibra óptica mediante óptica geométrica
- 2.5 Análisis de la fibra óptica mediante óptica electromagnética
- 2.6 Resumen

## **TEMA 3: Propagación de Pulsos por la Fibra Óptica**

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Atenuación
- 3.3 Dispersión
- 3.4 Efectos no lineales
- 3.5 Resumen

## **TEMA 4: Componentes de los Sistemas de Comunicaciones Ópticas**

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Fibras ópticas
- 4.3 Conectores y empalmes
- 4.4 Cables de fibra óptica
- 4.5 Acopladores direccionales
- 4.6 Aisladores y circuladores
- 4.7 Multiplexores y filtros
- 4.8 Amplificadores ópticos
- 4.9 Resumen

## **TEMA 5: Transmisores y receptores ópticos**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Introducción a los semiconductores
- 5.3 Láseres
- 5.4 LEDs
- 5.5 Moduladores
- 5.6 Fotodiodo PiN
- 5.7 Fotodiodo de avalancha o APD
- 5.8 Características de los receptores
- 5.9 Resumen

## **TEMA 6: Introducción al Diseño de Sistemas de Comunicaciones Ópticas**

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Balance de potencias en un SCO
- 6.3 Balance de tiempos en un SCO
- 6.4 Diseño de enlaces básicos de comunicaciones ópticas
- 6.5 Resumen



Este bloque formativo incluirá además diversas **PRÁCTICAS sobre Sistemas de Comunicaciones Ópticas**.

#### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Videotutoriales (en particular, 2 horas del tema 6 se impartirán mediante docencia grabada)
- Seminarios de profundización
- Aprendizaje colaborativo
- Trabajo práctico en un laboratorio y autónomo

#### 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
- Cuestionarios o informes de prácticas
- Resolución de problemas por parte del alumno
- Examen al final del cuatrimestre

#### g. Material docente

---

##### g.1 Bibliografía básica

---

- G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, 3rd. ed., Mc-Graw Hill, 2000.
- J. M. Senior, *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*, 3rd. ed. Prentice-Hall, 2008.
- J. Capmany, F. J. Fraile-Peláez, J. Martí, *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas*, Ed. Síntesis, 1998.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- G. P. Agrawal, *Fiber Optic Communication Systems*, 3rd. ed., John Wiley & Sons, 2002.
- R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, *Optical Networks: A Practical Perspective*, Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- B. E. A. Saleh, M. C. Teich, *Fundamentals of Photonics (Second Edition)*, Wiley-Interscience, 2007.
- J. Hecht, *Understanding Fiber Optics*, Prentice-Hall, 2002.
- G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics. Third Edition*, Academic Press, 2001.
- D. Derickson, *Fiber Optic Test and Measurement*, Prentice Hall PTR, 1998.

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

---

- Se indicarán, en su caso, en el campus virtual.



### h. Recursos necesarios

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.

Serán necesarios los siguientes recursos:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Diversa documentación de apoyo, incluyendo lecturas complementarias y vídeos didácticos.
- Ordenador y simulador de sistemas de comunicaciones ópticas OptSim.

### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
5,6 ECTS	Semanas 1 a 13



## Bloque 2: Transmisión por cable conductor

Carga de trabajo en créditos ECTS:

### a. Contextualización y justificación

Las líneas de transmisión con elementos conductores (especialmente de cobre) juegan un papel clave en el bucle de abonado y redes de área local (par trenzado), en las redes híbridas (cable coaxial) o a la hora de aprovechar la red eléctrica para la transmisión de información (línea de potencia). En este bloque temático se abordan las propiedades de este tipo de medios como soporte para la transmisión de la información y las características principales de los sistemas asociados y los dispositivos empleados en ellos.

### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Explicar los fundamentos de la transmisión de sistemas de comunicaciones por cable conductor y sus limitaciones.
- Describir los elementos fundamentales para implementar distintos sistemas de transmisión por medios guiados.
- Evaluar las ventajas e inconvenientes de distintos medios de transmisión guiados para distintas aplicaciones.

### c. Contenidos

#### TEMA 7: Sistemas de comunicaciones por cable conductor

- 7.1 Objetivos
- 7.2 Sistemas de transmisión basados en par trenzado
- 7.3 Sistemas de transmisión basados en cable coaxial
- 7.4 Sistemas de transmisión basados en línea de potencia (PLC)
- 7.5 Resumen

### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa

### 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.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

## g. Material docente

---

### g.1 Bibliografía básica

---

- J. E. Page, *Propagación de Ondas Guiadas*, Servicio de publicaciones ETSIT, UPM, Madrid 1989.
- J. Anatory, N. Theethayi, *Broadband Power-Line Communication Systems*, WIT Press, 2010.
- P. Golden, H. Dedieu, K. S. Jacobsen, *Fundamentals of DSL Technology*, Auerbach Publications, 2004.

### g.2 Bibliografía complementaria

---

- R. E. Collin, *Field Theory of Guided Waves*. IEEE Press. New York, 1991.

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

---

- Se indicarán, en su caso, en el campus virtual.

## h. Recursos necesarios

---

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.

Serán necesarios los siguientes recursos:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Diversa documentación de apoyo.

## i. Temporalización

---

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
0,4 ECTS	Semana 14

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

---

No consideramos necesario realizar ninguna precisión adicional a lo ya comentado en otros apartados de esta guía.

## 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)	30	Estudio y trabajo autónomo individual <sup>(2)</sup>	90-75
Clases prácticas de aula (A)		Estudio y trabajo autónomo grupal <sup>(2)</sup>	0-15
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo			
Seminarios (S)	10		
Tutorías grupales (TG)			
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)			
Total presencial	<b>60</b>	Total no presencial	<b>90</b>
TOTAL presencial + no presencial			<b>150</b>

- (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.
- (2) La distribución de horas de trabajo autónomo individual/grupal podrá variar entre el rango señalado dependiendo de la evolución de la pandemia por COVID-19.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación de las prácticas del laboratorio incluyendo: - Resolución de cuestionarios o realización de informes sobre las prácticas de laboratorio	35%	Para la parte de evaluación de las prácticas de laboratorio (35%), un 30% de la calificación de cada práctica se obtendrá de un cuestionario previo en Moodle que deberán resolver los alumnos y el 70% restante de la resolución de un cuestionario (que se deberá ir completando durante la realización de la práctica).  Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura realizar las prácticas de laboratorio, y alcanzar una calificación igual o superior a 5 sobre 10 en la evaluación global de las prácticas.
Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en el aula física y/o virtual	5%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura obtener una puntuación de al menos 4.5 sobre 10 en el examen, y alcanzar una calificación igual o superior a 5 sobre 10 al combinar la puntuación de estos tres apartados.
Resolución de cuestiones/problemas a lo largo de la asignatura	10%	
Examen final escrito (u <i>online</i> si es necesario)	50%	

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Si un alumno no alcanza alguno de 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 en la tabla y 4.5.



- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en todos los instrumentos de la tabla, salvo el último, realizándose un examen final escrito (u *online* en caso de ser necesario) que tendrá el mismo peso que en la convocatoria ordinaria.
  - Las condiciones para superar la asignatura son las mismas que en la convocatoria ordinaria. Debe notarse por tanto la necesidad de superar la parte relacionada con el laboratorio de la asignatura en la convocatoria ordinaria.
  - Si un alumno no alcanza alguno de 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 en la tabla 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.

