Guía docente de la asignatura

Comunicaciones Ópticas (Especialidad Sistemas de Telecomunicación) (2211141)

EUR-ACE®

Fecha de aprobación: 30/06/2025

Grado	Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación	**Rama**	Ingeniería y Arquitectura
Módulo	Sistemas de Telecomunicación	**Materia**	Tecnologías de Transmisión Óptica

Curso	4º	**Semestre**	1º	**Créditos**	6	**Tipo**	Obligatoria

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda que los alumnos hayan cursado previamente las asignaturas Medios y Componentes Ópticos para Comunicaciones, Comunicaciones I y Comunicaciones II. Igualmente, se recomienda la superación de los contenidos y adquisición de competencias de las materias de formación básica y las comunes a la rama de telecomunicación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)

Propagación de ondas planas en diferentes medios. Ondas planas homogéneas en el dominio de la frecuencia y del tiempo. Polarización. Líneas y modos de transmisión: TE, TM y TEM. Sistemas de comunicaciones ópticas digitales y analógicas. Redes de comunicaciones ópticas. Estándares y normativa. Sistemas WDM.

COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE17 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
- CE19 - 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.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C Pág. 1 de 7

- CT01 - Capacidad de análisis y síntesis: Encontrar, analizar, criticar (razonamiento crítico), relacionar, estructurar y sintetizar información proveniente de diversas fuentes, así como integrar ideas y conocimientos.
- CT02 - Capacidad de organización y planificación así como capacidad de gestión de la Información.
- CT03 - Capacidad de comunicación oral y escrita en el ámbito académico y profesional con especial énfasis, en la redacción de documentación técnica.
- CT04 - Capacidad para la resolución de problemas.
- CT05 - Capacidad para tomar decisiones basadas en criterios objetivos (datos experimentales, científicos o de simulación disponibles) así como capacidad de argumentar y justificar lógicamente dichas decisiones, sabiendo aceptar otros puntos de vista.
- CT06 - Capacidad para el uso y aplicación de las TIC en el ámbito académico y profesional.
- CT07 - Capacidad de comunicación en lengua extranjera, particularmente en inglés.
- CT08 - Capacidad de trabajo en equipo.
- CT09 - Capacidad para el aprendizaje autónomo así como iniciativa y espíritu emprendedor.
- CT10 - Motivación por la calidad y la mejora continua, actuando con rigor, responsabilidad y ética profesional.
- CT11 - Capacidad para adaptarse a las tecnologías y a los futuros entornos actualizando las competencias profesionales.
- CT12 - Capacidad para innovar y generar nuevas ideas.
- CT13 - Sensibilidad hacia temas medioambientales.
- CT14 - Respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres.
- CT15 - Capacidad para proyectar los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridos para promover una sociedad basada en los valores de la libertad, la justicia, la igualdad y el pluralismo.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El objetivo general de la asignatura es el de proporcionar al alumno los conocimientos y experiencia necesarios en el diseño de sistemas de comunicaciones ópticas.
Objetivos específicos:

- Conocer los modos de propagación en fibras ópticas
- Conocer las técnicas de transmisión de señales analógicas y digitales en sistemas de comunicaciones ópticas
- Saber diseñar de enlaces punto a punto y redes ópticas de comunicaciones
- Saber diseñar sistemas WDM y analizar sus limitaciones
- Saber diseñar sistemas coherentes y analizar sus limitaciones
- Saber analizar y diseñar sistemas analógicos CATV
- Saber diseñar redes de comunicaciones ópticas a nivel físico

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Tema 1. Introducción. (2 horas)

- 1.1. Evolución histórica de los sistemas de comunicaciones ópticas (SCO)
- 1.2. Componentes básicos de un SCO

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C
05/05/2026 - 08:47
Pág. 2 de 7

- 1.3. Tipos de SCO
- 1.4. Criterios de diseño de SCO
- 1.5. Herramientas CAD de diseño

Tema 2. Propagación en fibras ópticas. (12 horas)

- 2.1. Introducción
  - 2.1.1. Limitación del producto B´L en fibras óptica (salto de índice, gradual)
- 2.2. Modos de propagación en fibras ópticas (repaso)
  - 2.2.1. Soluciones de la ecuación de onda
  - 2.2.2. Constante de propagación (velocidad de grupo, retardo de grupo)
- 2.3. Dispersión de la velocidad de grupo en fibras monomodo
  - 2.3.1. Dispersión material y dispersión de la guía de onda
  - 2.3.2. Diseño de fibras de dispersión desplazada
- 2.4. Efectos dispersivos de alto orden:
  - 2.4.1. Pendiente de dispersión
  - 2.4.2. Fibras de dispersión plana
- 2.5. Limitaciones inducidas por dispersión
  - 2.5.1. Propagación de pulsos gaussianos con chirp
  - 2.5.2. Generalización del modelo: anchura espectral, efectos dispersivos de alto orden.
  - 2.5.3. Condiciones de limitación del producto BxL
- 2.6. Compensación de dispersión:
  - 2.6.1. Fibras de compensación
  - 2.6.2. Filtros ópticos
  - 2.6.3. Redes de difracción de Bragg
- 2.7. Ancho de banda de la fibra
- 2.8. Efectos ópticos no lineales: modulación de fase, mezclado de cuatro ondas

Tema 3. Diseño de sistemas de comunicaciones ópticas. (10 horas)

- 3.1. Sistemas digitales con modulación de intensidad y detección directa (IM-DD)
  - 3.1.1. Moduladores externos de niobato de litio (Mach-Zehnder)
  - 3.1.2. Generación de pulsos NRZ y conversión NRZ-RZ
  - 3.1.3. Fuentes de ruido en fotodetectores PIN y APD: ruido shot y térmico
  - 3.1.4. Relación señal ruido SNR (límites por ruido térmico y shot)
  - 3.1.5. Sensitividad del receptor
  - 3.1.6. Tasa de error
  - 3.1.7. Limitación por pérdidas y por dispersión
  - 3.1.8. Herramientas de diseño: Balances de potencia y de tiempos de subida
  - 3.1.9. Amplificadores ópticos: ruido, SNR. Técnicas de diseño
  - 3.1.10. Fuentes de penalización: relación de extinción, ruido en intensidad, jitter.
- 3.2. Sistemas digitales coherentes
  - 3.2.1. Detección coherente mediante oscilador local: homodina y herodina
  - 3.2.2. Relación señal ruido SNR
  - 3.2.3. Sensitividad del receptor
- 3.3. Sistemas analógicos. Relación portadora-ruido (CNR)

Tema 4. Sistemas multicanal. (4 horas)

- 4.1. Sistemas WDM
  - 4.1.1. Principio de operación:
  - 4.1.2. Rango de frecuencias disponible
  - 4.1.3. Eficiencia espectral
  - 4.1.4. Planes de frecuencia ITU-T: CDWM, DWDM
  - 4.1.5. Componentes para sistemas WDM
  - 4.1.6. Efectos de degradación: crosstalk, efectos no lineales
- 4.2. Sistemas TDM: ETDM y OTDM. Multiplexores y demultiplexores OTDM
- 4.3. Sistemas de subportadoras multiplexadas (SCM).
  - 4.3.1. SCM analógicos y digitales

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C Pág. 3 de 7

- 4.3.2. Relación portadora ruido
- 4.3.3. SCM-WDM

Tema 5. Redes ópticas. (2 horas)

- 5.1. Evolución de las redes ópticas
- 5.2. Topologías y prestaciones de red: bus lineal, anillo y estrella. Balance de potencia
- 5.3. Redes ópticas SDH/SONET.
  - 5.3.1. Interfaces ópticas
  - 5.3.2. Estructuras lineales y en anillo
  - 5.3.3. Implementación con múltiples longitudes de onda
- 5.4. Redes WDM:
  - 5.4.1. Broadcast-and-select (single-hop, multi-hop)
  - 5.4.2. Redes basadas en enrutamiento por longitud de onda

PRÁCTICO

Prácticas de laboratorio:

- Práctica 1. Transmisión de Señales Analógicas.
- Práctica 2. Transmisión de Señales Digitales.

Prácticas de Simulación:

- Práctica 1. Transmisión de secuencias de bits mediante modulador NRZ de Mach-Zehnder y conversión de NRZ a RZ.
- Práctica 2. Fibra de dispersión desplazada (DSF).
- Práctica 3. Propagación de pulsos gausianos en fibras con dispersión de la velocidad de grupo.
- Práctica 4. Diseño de sistemas de comunicaciones ópticas basados en fibras de compensación de dispersión.
- Práctica 5. Simulación de la Respuesta de Modulación de un LED
- Práctica 6. Ruido en receptores PIN y APD

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. Wiley, 2002.
- Keiser, G. Optical Fiber Communications. McGraw-Hill, 1999.
- Senior, J.M. Optical Fiber Communications. Prentice Hall, 1992.
- Saleh B.E.A. Fundamentals of photonics. Wiley, 1991.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Agrawal, G. P. Lightwave Technology. Telecommunication Systems. Wiley, 2005.
- Capmany, J., Pastor, D., Ortega, B., Sales, S. Problemas de Comunicaciones Ópticas. Editorial UPV, 2002
- Rodríguez, A., Comunicaciones Ópticas. Biblioteca Técnica Universitaria. 2005.

ENLACES RECOMENDADOS

- G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable
- G.653 : Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C Pág. 4 de 7

- G.654 : Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable
- G.655 : Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable
- G.656 : Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport
- G.694.1 Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid
- G.694.2 Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid
- Fiber-Optic Technologies (Cisco Press)

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral
- MD02 - Actividades prácticas
- MD03 - Seminarios
- MD04 - Actividades no presenciales
- MD05 - Tutorías académicas

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

Se realizará una evaluación continua de la asignatura a través de la entrega de actividades en PRADO y la realización de exámenes parciales y finales.
Parte teórica:

- Entrega de trabajos de la parte teórica
  - Descripción: Se realizará la entrega de trabajos y/o ejercicios resueltos durante todo el cuatrimestre.
  - Criterios de evaluación: cumplimiento con los plazos establecidos, calidad de la presentación, selección de los métodos adecuados, precisión de la solución, etc.
  - Porcentaje sobre calificación final: 5%

Realización de un examen final de la asignatura.

- Descripción: Se realizará un examen escrito de teoría y problemas al final del semestre. El examen de teoría consistirá en 2-3 cuestiones teóricas que el alumno debe contestar sin ningún tipo de material. El examen de problemas consistirá en 3-4 ejercicios sobre el programa de la asignatura. En esta parte, los alumnos dispondrán de un formulario realizado por ellos de un folio de extensión máxima. La nota final del examen será la ponderación de la parte teórica y de problemas al 30% y 70%, respectivamente.
- Porcentaje sobre la calificación final: 60%.

Parte práctica:
- Practicas de laboratorio y simulación:

- Entrega de memorias de prácticas
  - Descripción: Se establecerán plazos para la entrega de memorias de prácticas.
  - Criterios de evaluación: cumplimiento con los plazos establecidos, calidad de la presentación, selección de los métodos adecuados, precisión de la solución, mejoras introducidas, etc.
  - Porcentaje sobre calificación final: 20%.

- Seminarios de problemas:

- Realización y presentación de ejercicios resueltos en seminarios

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C Pág. 5 de 7

- Descripción: A cada estudiante se le asignarán varios ejercicios a lo largo del cuatrimestre para su realización y presentación durante los seminarios.
- Criterios de evaluación: Calidad del trabajo, rigurosidad del tema tratado, claridad en la exposición, dominio de las técnicas y metodología empleadas.
- Porcentaje sobre calificación final: 15%

Para aprobar la asignatura será necesario aprobar tanto la parte teórica como la parte práctica de la asignatura.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Parte teórica:

- Entrega de trabajos de la parte teórica
  - Descripción: Se realizará la entrega de trabajos y/o ejercicios resueltos durante todo el cuatrimestre.
  - Criterios de evaluación: cumplimiento con los plazos establecidos, calidad de la presentación, selección de los métodos adecuados, precisión de la solución, etc.
  - Porcentaje sobre calificación final: 5%

  Realización de un examen final de la asignatura.
  - Descripción: Se realizará un examen escrito de teoría y problemas al final del semestre. El examen de teoría consistirá en 2-3 cuestiones teóricas que el alumno debe contestar sin ningún tipo de material. El examen de problemas consistirá en 3-4 ejercicios sobre el programa de la asignatura. En esta parte, los alumnos dispondrán de un formulario realizado por ellos de un folio de extensión máxima. La nota final del examen será la ponderación de la parte teórica y de problemas al 30% y 70%, respectivamente.
  - Porcentaje sobre la calificación final: 60%.

Parte práctica:

- Practicas de laboratorio y simulación:
  - Entrega de memorias de prácticas
    - Descripción: Se establecerán plazos para la entrega de memorias de prácticas.
    - Criterios de evaluación: cumplimiento con los plazos establecidos, calidad de la presentación, selección de los métodos adecuados, precisión de la solución, mejoras introducidas, etc.
    - Porcentaje sobre calificación final: 20%.
- Seminarios de problemas:
  - Realización y presentación de ejercicios resueltos en seminarios
    - Descripción: A cada estudiante se le asignarán varios ejercicios a lo largo del cuatrimestre para su realización y presentación durante los seminarios.
    - Criterios de evaluación: Calidad del trabajo, rigurosidad del tema tratado, claridad en la exposición, dominio de las técnicas y metodología empleadas.
    - Porcentaje sobre calificación final: 15%

Para aprobar la asignatura será necesario aprobar tanto la parte teórica como la parte práctica de la asignatura.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Parte teórica y seminarios:

- Examen de la parte de teoría y de problemas
  - Descripción: Se realizará un examen escrito de teoría y problemas. El examen de teoría consistirá en 2-3 cuestiones teóricas que el alumno debe contestar sin ningún tipo de material. El examen de problemas consistirá en 3-4 ejercicios sobre el programa de la asignatura. En esta parte, los alumnos dispondrán de un formulario realizado por ellos de un folio de extensión máxima. La nota final del

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 05/05/2026 - 08:47
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C Pág. 6 de 7

examen será la ponderación de la parte teórica y de problemas al 30% y 70%, respectivamente.
    - Porcentaje sobre la calificación final: 70%.

Parte práctica:

- Examen de prácticas de laboratorio
    - Descripción: Se realizará un examen del temario de prácticas de laboratorio de la asignatura.
    - Porcentaje sobre la calificación final: 30%.

Para aprobar la asignatura será necesario aprobar tanto la parte teórica como la parte práctica de la asignatura.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 2CBBED412B5CCAC7EFD2E09321EFDD6C
05/05/2026 - 08:47
Pág. 7 de 7