



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Telecomunicación

UPCT



**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA:**  
**OPERACIÓN E INGENIERÍA DE RED**  
**(NETWORK OPERATIONS AND ENGINEERING)**

**Titulación/es: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación**

CSV:	puzSlkcmqjbsFYQMPypw6Ns98	Fecha:	29/01/2019 23:15:08	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/puzSlkcmqjbsFYQMPypw6Ns98	Página:	1/14	

## 1. Datos de la asignatura

Nombre	Operación e ingeniería de red				
Materia*	Operación e ingeniería de red				
Módulo*	Módulo TT: materias obligatorias				
Código	211101007				
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación				
Plan de estudios					
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	2º cuatrimestre	Cuatrimestre	2º	Curso	
Idioma	Español				
ECTS	6	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	180

\* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	María Victoria Bueno Delgado		
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Telemática		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 22, 1º planta Edificio Antiguones (ETSIT)		
<b>Teléfono</b>	968326505	<b>Fax</b>	968325973
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:mvictoria.bueno@upct.es">mvictoria.bueno@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://girtel.upct.es/~mvbueno/">http://girtel.upct.es/~mvbueno/</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Lunes de 10:00 a 13:00 y miércoles de 14:00 a 17:00		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho de la profesora		
<b>Perfil Docente e investigador</b>	Profesora Contratado Doctor.		
<b>Experiencia docente</b>	13 años.		
<b>Líneas de Investigación</b>	Ver <a href="http://girtel.upct.es/~mvbueno">http://girtel.upct.es/~mvbueno</a>		
<b>Experiencia profesional</b>	Ver <a href="http://girtel.upct.es/~mvbueno">http://girtel.upct.es/~mvbueno</a>		
<b>Otros temas de interés</b>	Ver <a href="http://girtel.upct.es/~mvbueno">http://girtel.upct.es/~mvbueno</a>		

## Otros profesores

<b>Profesor</b>	Pablo Pavón Mariño		
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Telemática		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 18, 1º planta Edificio Antiguones (ETSIT)		
<b>Teléfono</b>	968325952	<b>Fax</b>	968325973
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:pablo.pavon@upct.es">pablo.pavon@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://girtel.upct.es/~ppavon">http://girtel.upct.es/~ppavon</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Se indicará en la presentación de la asignatura		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho del profesor		
<b>Perfil Docente e investigador</b>	Catedrático de Universidad. Ingeniero de Telecomunicación. Licenciado en Matemáticas. Doctor Ingeniero de Telecomunicación.		
<b>Experiencia docente</b>	Desde el curso 1999-2000.		

<b>Líneas de Investigación</b>	Planificación, gestión y optimización de redes de comunicaciones
<b>Experiencia profesional</b>	Ver <a href="http://girtel.upct.es/~ppavon">http://girtel.upct.es/~ppavon</a>
<b>Otros temas de interés</b>	Ver <a href="http://girtel.upct.es/~ppavon">http://girtel.upct.es/~ppavon</a>

<b>Nombre</b>	María Dolores Cano Baños		
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Telemática		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 17, 1ª planta ETSIT (Antigones)		
<b>Teléfono</b>	968 32 5953	<b>Fax</b>	968 32 5973
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:mdolores.cano@upct.es">mdolores.cano@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>			
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Martes y miércoles de 9:15 a 12:15		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho 17, 1ª planta ETSIT (Antigones)		
<b>Perfil Docente e investigador</b>	<p>Profesora Titular de Universidad</p> <p>Ingeniera de Telecomunicación por la UPV (2000)</p> <p>Doctora Ingeniera de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Cartagena (2004)</p> <p>Fulbright Posdoc en Columbia University, EEUU (2006)</p>		
<b>Experiencia docente</b>	<p>Desde 2000.</p> <p>Asignaturas impartidas:</p> <p>i) Ingeniería Técnica de Telecomunicación especialidad Telemática: Sistemas de Información Distribuidos (2º curso)</p> <p>ii) Ingeniería de Telecomunicación: Instrumentación Telemática (2º curso), Telemática (3er curso), Seguridad en Redes de Comunicaciones (5º curso)</p> <p>iii) Master de Ingeniería Telemática: Sistemas Distribuidos Avanzados, Seguridad en Redes</p> <p>iv) Master en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Calidad de Servicio en Entornos Heterogéneos</p> <p>v) Grado en Ingeniería Telemática: Sistemas y Servicios Distribuidos (3er curso), Seguridad en Redes (4º curso).</p> <p>vi) Master en ingeniería de Telecomunicación: Conceptos Avanzados de Internet, Operación e Ingeniería de Red.</p>		
<b>Líneas de Investigación</b>	Grupo de investigación Ingeniería Telemática. Las líneas de investigación actuales incluyen provision de QoS/QoE (Quality of Service/ Quality of user Experience) en redes de telecomunicación, provisión de Seguridad en redes de comunicaciones e Innovación en Educación.		

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

En esta asignatura los alumnos adquieren conocimientos y capacidades para el diseño, configuración de equipos y operación de una red de comunicaciones, por ejemplo una red de operadora o un proveedor de servicios de pequeña, mediana o gran escala.

El diseño e ingeniería de la red se realizará teniendo en cuenta requisitos de calidad de servicio y requisitos de disponibilidad (supervivencia ante fallos de red). Los alumnos realizarán estudios de costes de la red, estimaciones de tiempos de recuperación de la inversión y estrategias de despliegue. Se describirán tareas básicas y mejores prácticas para la operación de red: gestión y monitorización de red, atención de incidencias y alarmas, actualización periódica de la red, relación con proveedores y clientes (*Request For Information* (RFI)/*Request For Proposals* (RFP), *Service Level Agreements* (SLA)), acuerdos de conexión con otras redes (p.e. a través de puntos neutros, Internet Exchange Point (IXP)).

El diseño de red se realizará utilizando la herramienta de diseño *net2plan*. La configuración de red se realizará utilizando el emulador de routers GNS3. Los alumnos aprenderán a configurar en los routers IP el diseño de red realizado. En especial: la política de calidad de servicio en redes IP utilizando un modelo DiffServ (servicios diferenciados) y la configuración del encaminamiento (principalmente OSPF y BGP –este último para la interconexión de proveedores de servicio).

Como metodología de trabajo, los alumnos aplicarán los conceptos anteriormente citados a un caso de estudio completo de una red IP sobre WDM (redes ópticas de multiplexación en longitud de onda), basado en parámetros reales.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

En esta asignatura los alumnos adquieren conocimientos y capacidades para el diseño, configuración, despliegue, y definición de tareas de operación de una red de comunicaciones. La red objetivo será una red de operadora o un proveedor de servicios de pequeña, mediana o gran escala.

Los conceptos explicados se aplicarán a un caso completo de estudio basado en parámetros reales.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso de los estudios de Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación. Se trata de una asignatura obligatoria.

### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No se definen

### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Esta asignatura no tiene prerequisites distintos a los de acceso a la titulación de Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación.

### 3.6. Medidas especiales previstas

#### Estudiantes discapacitados

Los alumnos en esta situación deberán hablar con el profesor de la asignatura. Se buscará la manera de adaptar los materiales y recursos utilizados, a las necesidades específicas

#### Estudiantes extranjeros

La bibliografía empleada en esta asignatura se encuentra en idioma inglés. Las clases de la asignatura serán impartidas en idioma español. Sin embargo, los alumnos que así lo requieran pueden dirigirse a los profesores de la asignatura en inglés.

## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CG1 - Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.

CG3 - Capacidad para dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.

CG4 - Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.

CG5 - Capacidad para la elaboración, planificación estratégica, dirección, coordinación y gestión técnica y económica de proyectos en todos los ámbitos de la Ingeniería de Telecomunicación siguiendo criterios de calidad y medioambientales.

CG8 - Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos.

CG9 - Capacidad para comprender la responsabilidad ética y la deontología profesional de la actividad de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación.

CG11 - Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones- y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG12 - Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

CG13 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

#### Competencias del módulo de Tecnologías de Telecomunicación

**TT6** Capacidad para modelar, diseñar, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener redes, servicios y contenidos.

**TT7** Capacidad para realizar la planificación, toma de decisiones y empaquetamiento

de redes, servicios y aplicaciones considerando la calidad de servicio, los costes directos y de operación, el plan de implantación, supervisión, los procedimientos de seguridad, el escalado y el mantenimiento, así como gestionar y asegurar la calidad en el proceso de desarrollo.

#### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CT2- Trabajar en equipo

CT4- Utilizar con solvencia los recursos de información

#### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

Al finalizar el plan formativo, el estudiante debe ser capaz de:

1. Diseñar la ingeniería de una red IP sobre WDM completa, con requisitos de calidad de servicio, supervivencia de red (disponibilidad) y aplicando un análisis de costes y rentabilidad económica.
2. Diseñar y configurar distintos mecanismos de recuperación ante fallos de red.
3. Aplicar distintos modelos de estimación de costes y beneficios en la provisión de servicios de comunicaciones.
4. Aplicar las tareas, herramientas de soporte y guías de buenas prácticas para la operación y gestión de red.
5. Diseñar y configurar los mecanismos de encaminamiento intra-dominio e inter-dominio en redes IP.
6. Diseñar y configurar las políticas de calidad de servicio en redes IP.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)



## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Planificación, modelado y diseño de redes. Despliegue e implantación de redes y servicios. Modelos de costes y beneficios. Gestión y operación de red (instrumentación, monitorización, medidas extremo a extremo, etc.). Fiabilidad y disponibilidad en redes. Calidad de servicio.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### Unidad Didáctica 1.- Operación de red

En este bloque se abordarán técnicas y prácticas habituales para la gestión y operación de red. También se describen aspectos avanzados en la operación de redes IP, como la configuración del encaminamiento OSPF (intradominio) y BGP (interdominio), y la configuración de políticas de calidad de servicio (DiffServ).

- 2.1. Operación de red. Tareas y buenas prácticas.
- 2.2 Herramientas de apoyo a la operación de red. OAM (Operations, Administration and Management). OSS (Operations Support Systems), BSS (Business Support Systems).
- 2.3 Encaminamiento IP intra-dominio e inter-dominio. OSPF y BGP4.
- 2.4 Calidad de servicio (QoS). Servicios diferenciados, DiffServ.

#### Unidad Didáctica 2.- Ingeniería y diseño de red

En este bloque se describen diversas tecnologías de red utilizadas, explicadas en el contexto de un caso de estudio completo a desarrollar. El caso de estudio se centra en un diseño e ingeniería de una red IP sobre red óptica WDM, con requisitos de fiabilidad (disponibilidad), y analizando su estructura de costes y rentabilidad económica.

- 1.1. Presentación del caso de estudio.
- 1.2. Tecnologías de red IP sobre WDM. Aplicación al caso de estudio.
- 1.3. Fiabilidad en redes. Recuperación ante fallos. Aplicación al caso de estudio.
- 1.4. Modelos de costes y beneficios. Aplicación al caso de estudio.

### 5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

**Prácticas Operación de red. (aprox. 25% tiempo de laboratorio).** El objetivo es que los alumnos se familiaricen con algunas herramientas disponibles para apoyar tareas de gestión y operación de red.

**Prácticas Ingeniería de red IP/OSPF/BGP (aprox. 25% tiempo de laboratorio).** El objetivo es que los alumnos sean capaces de configurar los equipos del caso de estudio de la asignatura (p.e. configuración OSPF, BGP4, técnicas de calidad de servicio en routers IP). Los alumnos configurarán equipos emulados mediante la herramienta GNS3.

**Prácticas Diseño e ingeniería de red y modelo de costes. (aprox. 50% tiempo de laboratorio).** El objetivo es que los alumnos sean capaces de diseñar la red del caso de estudio (IP sobre WDM), teniendo en cuenta requisitos de tráfico, fiabilidad de red y costes. Deberán implementar las estimaciones de costes según los modelos explicados en

teoría. Los alumnos utilizarán la herramienta Net2Plan (<http://www.net2plan.com>).

## 5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

### Section 1.- Network operation

This section deals with the common practices and techniques for network management and operation. In addition, it also present advanced design and configuration aspects of IP intra-domain (OSPF) and inter-domain routing (BGP4) and IP Qos (DiffServ).

2.1 Network operation. Common tasks and best practices.

2.2 Supporting tools to network operation. OAM tools (Operations, Administration and Management). OSS/BSS tools (Operations/Business Support Systems).

2.3 Intra-domain and inter-domain IP routing. Application to the case study (i.e. OSPF and BGP4)

2.4 Quality of Service (QoS). Application to the case study (i.e. differentiated services, DiffServ).

### Section 2.- Network design and engineering

This section presents the student a set of network technologies applied in the context of the complete case study to solve. The case study focuses on the design and engineering of an IP over optical WDM network, with availability requisites, and analyzing its cost and profitability structure.

1.1.Presentation of the case study.

1.2. IP over WDM technologies. Application to the case study.

1.3.Network reliability. Failure recovery techniques. Application to the case study.

1.4.Cost/benefit analysis of the network. Application to the case study.

## 5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Unidad Didáctica 1: Resultados de aprendizaje 4, 5, 6 (sección 4.5)

Unidad Didáctica 2: Resultados de aprendizaje 1, 2, 3, 5 (sección 4.5)

## 6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva con intervención del alumno. Resolución de dudas planteadas por el estudiante. Resolución de problemas	Presencial: Clase magistral y resolución de problemas	30
		No presencial: Estudio de la materia	30
Caso de estudio	Trabajo en el laboratorio, guiando las actividades relativas al caso de estudio. Parte del caso de estudio se presenta en clase por los alumnos.	Presencial: Sesiones de prácticas, presentación en clase de resultados.	12
		No presencial: Tareas de preparación, documentación y escritura de informe final del caso de estudio.	30
Prácticas de laboratorio Unidad Didáct. II	Se trabaja con los alumnos en el laboratorio, guiando las actividades de las sesiones de prácticas de la Unidad Didáctica II. Los alumnos presentan y muestran el trabajo al profesor (podría ser en forma de entregables).	Presencial: Sesiones de prácticas, potencialmente con entregables presentados por los estudiantes en el laboratorio.	12
		No presencial: Estudio de la materia, preparación de las prácticas.	30
Realización de pruebas de evaluación	Preparación y asistencia a pruebas de evaluación.	Presencial:	6
		No presencial: Estudio de la materia	30
			180

## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)

Resultados del aprendizaje (4.5)						
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6
Clases de teoría	x	x	x	x	x	x
Caso de estudio	x	x	x			
Prácticas de laboratorio Unidad Didáctica II				x	x	x
Realización de pruebas de evaluación	x	x	x	x	x	x

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación *	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa *	Formativa *			
Examen escrito en aula	X		Examen escrito de los contenidos teóricos de la asignatura. Será necesario un mínimo de 3.5 sobre 10 para aprobar la asignatura.	50%	Todos
Examen en laboratorio	X		Uno o varios exámenes en el laboratorio referidos a la Unidad Didáctica II, empleando las herramientas utilizadas en las prácticas evaluando el trabajo en el laboratorio.	25%	Todos
Caso de estudio	X		El alumno deberá completar un caso de estudio de diseño e ingeniería de red.	25%	Todos
Comentarios adicionales: Los pesos mostrados son aproximados. Los pesos exactos se indicarán al alumno en la presentación de la asignatura.					

### 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

Apuntes, transparencias, lecturas específicas recomendadas y boletines de problemas proporcionados por el profesor.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

- “Optical fibres, cables and systems”, ITU-T Manual 2009.
- P. Pavon Mariño, “Optimization of computer networks. Modeling and algorithms: A hands-on approach”, Wiley, 2016.
- Iljitsch Van Beijnum, “BGP”, O'Reilly Media, 2002.
- Randy Zhang , Micah Bartell, “BGP Design and Implementation”, Cisco Press, 2003.
- William B. Norton, “The Internet Peering Playbook: Connecting to the Core of the Internet (Second Edition)”, Dr. Peering Press; 2nd edition, 2013

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

- Diversas RFCs sobre distintas tecnologías de red.
- <http://www.net2plan.com/>
- <http://www.gns3.net>