



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

93000797 - Redes De Comunicaciones

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario En Ingenieria De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	16
9. Otra información.....	16

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000797 - Redes de Comunicaciones
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Morten Andreas Geday	B-321	morten.geday@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico / Arrange appointment by email.

Jose Ignacio Moreno Novella (Coordinador/a)	B-423.1	joseignacio.moreno@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico / Arrange appointment by email.
Paloma Rodriguez Horche	B-117	p.rhorche@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico / Arrange appointment by email.
Diego Rivera Pinto	C-216	diego.rivera@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico / Arrange appointment by email.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Gestion De Proyectos

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE4 - Capacidad para diseñar y dimensionar redes de transporte, difusión y distribución de señales multimedia.

CE6 - Capacidad para modelar, diseñar, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener redes, servicios y contenidos.

CE7 - 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.

CE8 - Capacidad de comprender y saber aplicar el funcionamiento y organización de Internet, las tecnologías y protocolos de Internet de nueva generación, los modelos de componentes, software intermediario y servicios.

CE9 - Capacidad para resolver la convergencia, interoperabilidad y diseño de redes heterogéneas con redes locales, de acceso y troncales, así como la integración de servicios de telefonía, datos, televisión e interactivos.

CG1 - 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.

CG2 - 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.

CG3 - 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.

CG4 - 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.

CG5 - 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.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades

planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

CT6 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA3 - Conocer los procesos de desarrollo de aplicaciones y servicios más utilizados en las empresas del sector

RA7 - Comprender los distintos modelos y posibilidades de negocio de los servicios y aplicaciones Web y su influencia en la selección de tecnologías

RA1 - Conocer estándares y protocolos utilizados en el desarrollo de aplicaciones orientadas a servicios. Comprender el funcionamiento de aplicaciones software constituidas por un conjunto de servicios interactuando, coordinados por procesos de negocio

RA2 - Conocer infraestructuras y herramientas para la provisión de servicios compartiendo recursos, incluyendo tecnologías de virtualización y de computación en la nube

RA6 - Conocer los criterios básicos de calidad, gestión de la identidad y privacidad que deben cumplir las aplicaciones y servicios web y saber cómo aplicarlos al diseño y evaluación de sitios web

RA4 - Conocer los métodos de ingeniería útiles en el desarrollo y operación de aplicaciones y servicios

RA5 - Comprender los problemas que plantea la gestión con métodos tradicionales de grandes volúmenes de datos, variados y en constante creación, y entender la necesidad de nuevas técnicas para procesar y almacenar este tipo de datos (BigData). Conocer técnicas de procesamiento, gestión y almacenamiento de grandes volúmenes de datos, y plataformas que facilitan estas tareas, incluyendo la experimentación de casos de estudio

RA11 - El alumno es capaz de conocer la arquitectura de una red de telefonía IP, conocer sus segmentos, elementos constituyentes y órdenes de magnitud de su número y capacidades

RA251 - Habilidad para diseñar y dimensionar un sistema de aplicación completo que integre partes tanto de procesado de señal como de gestión de información, de forma práctica, en grupo y con una orientación profesional al trabajo en una empresa.

RA33 - Capacidad para abordar y desarrollar en grupo casos prácticos de análisis, diseño, dimensionamiento, simulación, pruebas y su gestión técnico-económica de sistemas de comunicaciones que usen redes satelitales, redes fijas troncales y de acceso óptico y/o eléctricas y redes móviles incluyendo el concepto de "Internet de las Cosas"

RA41 - Capacidad de presentar los resultados de lo anterior en grupo de forma oral y escrita

RA29 - Habilidad para diseñar y dimensionar un sistema de comunicaciones que integre partes tanto fijas como móviles, de forma práctica, en grupo y con una orientación profesional al trabajo en una empresa

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

	<p>Se pretende capacitar a los alumnos para abordar el diseño de redes de comunicaciones, teniendo en cuenta parámetros como los servicios que se deben ofrecer, la calidad de los mismos, las características de las tecnologías de red disponibles, aspectos regulatorios y económicos, así como la tecnológica prevista a medio plazo. El alumno deberá abordar en grupo el diseño y defensa de una red de telecomunicaciones para un determinado escenario orientada al negocio de una operadora de telecomunicaciones.</p>	

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción
  - 1.1. Presentación del temario y funcionamiento de la asignatura
  - 1.2. Presentación del trabajo
2. Modelo de Red de Operadora: Usuarios, servicios y tráfico
  - 2.1. Modelos de red.
  - 2.2. Usuarios y servicios. Requisitos.
  - 2.3. Tráfico, Dimensionado.
3. Arquitectura de control
  - 3.1. IMS.IP Multimedia Subsystem: motivación, objetivos, estandarización
  - 3.2. IMS. Arquitectura, interfaces, protocolos
  - 3.3. IMS. Interfaces con redes de telefonía existentes
  - 3.4. Plataformas IMS: Clearwater
  - 3.5. Redes 5G Core y servicios de Voz sobre redes 5G: VoNR
4. Red de transporte Óptico
  - 4.1. Introducción: Estándares en redes ópticas
  - 4.2. Tecnologías WDM
  - 4.3. Redes WDM
5. Gestión de Red
  - 5.1. Aspectos de la gestión: FCAPS: Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security
  - 5.2. Arquitectura de Gestión: funciones, interfaces, protocolos:
6. Técnicas de transporte en el núcleo de alta velocidad y calidad garantizada
  - 6.1. Multiprotocol Label Switching (MPLS)
  - 6.2. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
7. Redes de Área Metropolitana
  - 7.1. Redes Metropolitanas: Agregación y Distribución
  - 7.2. Tecnología Carrier Ethernet
  - 7.3. Backhaul para redes móviles



## 8. Tecnología SDN y Virtualización

### 8.1. Software Defined Networking

### 8.2. Network Function Virtualization

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>1. Introducción 1.1. Presentación del temario y funcionamiento de la asignatura 1.2. Presentación del trabajo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>2. Modelo de Red de Operadora 2.1. Arquitectura de Operadora 2.2. Usuarios y servicios: Requisitos. 2.3. Tráfico, Dimensionado.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>3. Arquitectura de control 3.1. IMS.IP Multimedia Subsystem: motivación, objetivos, estandarización 3.2. IMS. Arquitectura, interfaces, protocolos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.3. IMS. Interfaces con redes de telefonía existentes 3.4. IMS. Aplicación: servicios de telefonía en redes fijas, Project Clearwater.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>3.5. Redes 5G Core y servicios de Voz sobre redes 5G: VoNR</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>4. Red de transporte Óptico 4.1. Introducción: Estándares en redes ópticas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>4. Red de transporte Óptico 4.2. Tecnologías WDM</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4. Red de transporte Óptico 4.3. Redes WDM</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

5	<p><b>4. Red de transporte Óptico: Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>5. Gestión de Red 5.1. Aspectos de la gestión: FCAPS: Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security4.2. Arquitectura de Gestión: funciones, interfaces, protocolos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p><b>5. Gestión de Red Ejercicio Práctico</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Presentación primera parte del trabajo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
7	<p><b>6. Redes de Área Metropolitana 6.1. Redes Metropolitanas: Agregación y Distribución 6.2. Tecnología Carrier Ethernet</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>6. Redes de Área Metropolitana Aplicación Práctica</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
8	<p><b>7. Técnicas de transporte en el núcleo de alta velocidad y calidad garantizada 7.1. Multiprotocol Label Switching (MPLS) 7.2. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>7. Técnicas de transporte en el núcleo de alta velocidad y calidad garantizada. Aplicación al Trabajo en equipo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
9	<p><b>8. Redes y Virtualización 8.1. Software Defined Networking 8.2. Network Function Virtualization</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>8. Redes y Virtualización 8.1. Software Defined Networking 8.2. Network Function Virtualization</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

10	<p><b>Conferencia</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p><b>Conferencia</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
11				
12		<p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p><b>Examen Evaluación Progresiva</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>
13		<p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
14	<p><b>Presentación Parcial Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Tutoría Trabajo en Grupo</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
15				<p><b>Examen Presentación Trabajo en Grupo.</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>
16				<p><b>Evaluación Trabajo Diseño de Red de Operador</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
12	Examen Evaluación Progresiva	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CT6 CE4 CE6 CE9
15	Examen Presentación Trabajo en Grupo.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	16.6%	0 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CG5 CT2 CT3 CT4 CT5 CT6 CE4 CE6 CE7 CE8 CE9
16	Evaluación Trabajo Diseño de Red de Operador	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	33.4%	0 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CT2 CT3 CT4 CT5 CT6 CE4 CE6 CE7 CE8 CE9

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
12	Examen Evaluación Progresiva	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CT6 CE4 CE6 CE9
15	Examen Presentación Trabajo en Grupo.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	16.6%	0 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CG5 CT2 CT3 CT4 CT5 CT6 CE4 CE6 CE7 CE8 CE9
16	Evaluación Trabajo Diseño de Red de Operador	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	33.4%	0 / 10	CG1 CG2 CG3 CG4 CT2 CT3 CT4 CT5 CT6 CE4 CE6 CE7 CE8 CE9

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

### Sistema de Evaluación de la Asignatura

- **Evaluación Progresiva a lo largo del Cuatrimestre**

La evaluación progresiva de la asignatura a lo largo del cuatrimestre consta de dos componentes principales:

1. Desarrollo de un trabajo en grupo basado en técnicas PBL en el que el estudiante se enfrentara en grupo al diseño, dimensionado y evaluación de una red de un operador de Telecomunicaciones a partir de unos requisitos básicos de partida. El desarrollo del trabajo se realizará en coordinación con la asignatura Sistemas de Comunicaciones. El trabajo se realiza en grupo y requiere el desarrollo y seguimiento del mismo a lo largo del cuatrimestre, con distintos puntos de sincronización (presentaciones y aportación de borradores de la memoria) por lo que se trata de una actividad obligatoria que el alumno debe realizar durante el periodo de impartición de la docencia y por tanto se trata de una actividad obligatoria no recuperable cuya evaluación tiene dos componentes motivados por el desarrollo de presentaciones en grupo a lo largo del cuatrimestre y por desarrollo de una memoria evaluada de forma incremental a lo largo del cuatrimestre. El peso total de esta evaluación es del 50%.
2. Desarrollo de una evaluación individual. El peso total de esta evaluación es del 50%. Se requiere una nota mínima de 4/10.

Adicionalmente durante el curso se realizarán distintas pruebas individuales en desarrollar en clase y asistencia a las conferencias organizadas a lo largo del curso pudiendo alcanzar una calificación adicional de 1 punto.

Las calificaciones de las distintas pruebas (Examen individual, Presentación del Trabajo, Memoria del Trabajo) obtenidas mediante evaluación progresiva, siempre que se supere la nota mínima de la evaluación individual, tendrá validez a lo largo del mismo curso académico.

- **Evaluación Global (Conv. Ordinaria y Conv. Extraordinaria)**

Los alumnos que no superen la asignatura mediante evaluación progresiva, dispondrán de la posibilidad de repetir la prueba individual con la misma estructura y valoración que la realizada en la evaluación progresiva.

- Otros aspectos:

En aquellas evaluaciones donde se realicen pruebas individuales mediante preguntas aleatorias basadas en un banco de preguntas, no se publicarán las soluciones de las mismas.

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI o por baja implicación en el trabajo en equipo.

La acreditación del seguimiento del curso en lengua inglesa se obtendrá siempre que el alumno realice el seguimiento de la asignatura en lengua inglesa y realice todas sus entregas (trabajos, memorias), presentaciones y exámenes en inglés.





## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Libro1	Bibliografía	The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds, Wiley. ISBN-13: 978-0470516621
Libro2	Bibliografía	Devi Chadha, Optical WDM Networks: From Static to Elastic Networks. Wiley & Sons, IEEE PRESS, 2019.
Libro3	Bibliografía	Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT and Cloud. W.Stallings. Addison-Wesley. ISBN: 0-13-417539-5
Libro4	Bibliografía	Tecnologías de Banda Ancha y Convergencia de Redes. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (España). ISBN 978-84-96275-85-0
Moodle asignatura	Recursos web	En la web de estudios oficiales de la UPM
Salas de reunión de equipos	Equipamiento	Suficiente para reuniones de 15 personas

## 9. Otra información

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con el ODS9