



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

93000833 - Redes Definidas Por Software, Virtualización Y Servicios Avanzados De Red

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario En Ingenieria De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer 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.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000833 - Redes Definidas por Software, Virtualización y Servicios Avanzados de Red
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	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>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Carlos Mariano Lentisco Sanchez	B-203	c.lentisco@upm.es	Sin horario. Horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.
Luis Bellido Triana (Coordinador/a)	B-215	luis.bellido@upm.es	Sin horario. Horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.

David Fernandez Cambronero	B-216	david.fernandez@upm.es	Sin horario. Horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.
Ignacio Soto Campos	B-218	ignacio.soto@upm.es	Sin horario. Horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.
Daniel Gonzalez Sanchez	B-203	daniel.gonzalez.sanchez@u pm.es	Sin horario. Horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.

\* 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

- Redes De Comunicaciones

#### 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.

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.

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.

CT1 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa.

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.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA310 - Capacidad de analizar y sintetizar la segmentación de redes basada en técnicas de virtualización

RA104 - Capacidad de definir y dimensionar la arquitectura de redes corporativas como resultado de una especificación de servicios, tipos de usuarios, tráficos, y distribución geográfica

RA10 - Saber realizar una presentación de carácter técnico, ante una audiencia de pares, que describa el trabajo realizado y sus resultados, de forma clara y bien estructurada, en el tiempo establecido, y usando un lenguaje preciso

RA102 - Capacidad de diferenciar entre modelos arquitecturales de red basados en capas y definidos por software

RA103 - Capacidad de identificar los diferentes componentes de una arquitectura de red definida por "software"

RA14 - El alumno conoce y es capaz de cuantificar los principales parámetros que definen los requisitos de los tráficos multimedia, estableciendo un compromiso calidad/coste y es capaz de aplicarlo al dimensionado de las redes de soporte.

RA308 - Capacidad de analizar y sintetizar modelos arquitectónicos de red basados en orquestación de funciones

RA307 - Capacidad de analizar y sintetizar modelos arquitectónicos de red basados en virtualización de funciones

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura profundiza en los conceptos de Redes Definidas por Software y de Virtualización de Funciones de Red mediante la exposición de su aplicación en ámbitos específicos y en la elaboración de casos de uso. Presenta, además los conceptos de segmentación de redes basada en la virtualización de las mismas y, por último, presenta el análisis y diseño de redes definidas por orquestación de servicios y el ciclo de vida de los mismos.

La asignatura tiene un fuerte componente práctico por lo que se propondrán problemas específicos sobre el análisis y diseño de redes de ordenadores que cubrirán el análisis y diseño de tecnologías, topologías, arquitecturas, servicios y calidad del servicio de las mismas.

A tal fin, se proporcionarán conocimientos específicos sobre los nuevos paradigmas arquitecturales de las redes de comunicaciones basados en la definición "software" de las redes (SDN), en la virtualización de las funciones de

la red (NFV) y en la orquestación de servicios.

Aunando los servicios proporcionados por operadores de telecomunicaciones, las tecnologías y técnicas de redes existentes y los nuevos paradigmas mencionados, cada alumno desarrollará una solución a un problema de redes de comunicaciones cuyos requisitos son conocidos en términos de servicios portadores y finales, perfiles de usuarios y su distribución geográfica.

El profesorado guiará las diferentes fases de la resolución del problema, determinando los "entregables" a producir y su planificación temporal.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Repaso de la arquitectura TCP/IP
2. Fundamentos en nuevos paradigmas de arquitectura de redes. Separación de plano de control y de datos
3. El plano de datos. Conmutación 123. Conmutación basada en Openflow
4. El plano de control. Sistemas operativos de red. ODL y ONOS.
5. Virtualización de redes y de funciones de red.
6. Computación en el borde. Centrales de conmutación definidas por software.
7. Redes definidas por software y virtualización de redes en CPDs
8. Redes definidas por software en el entorno de las redes de gran alcance. SD-WAN
9. Proyecto final

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Introducción al curso</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1: Repaso TCP/IP</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2.1: Redes definidas por software (SDN). OpenFlow</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3		<b>P2.1: Práctica de SDN y análisis básico de OpenFlow</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>P2.2 Práctica de conmutador simple con soporte de VLAN no etiquetada</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Tema 2.2: Calidad de Servicio en SDN</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.3: Controladores SDN: ONOS</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Memoria de resultados P2.1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
5	<b>Tema 2.4: Controladores SDN: OpenDaylight</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>P2.3: Práctica sobre SDN-IP con controlador ONOS</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Memoria de resultados P2.2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 04:30
6		<b>P2.4: Práctica sobre QoS en SDN</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Primer examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
7	<b>Tema 3: Virtualización de Funciones de Red (I)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>P3.1: Práctica sobre virtualización de funciones de red - VNX</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Memoria de resultados P2.3</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:30



8	<p><b>Tema 3: Virtualización de Funciones de Red (II)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P3.2: Práctica sobre virtualización de funciones de red - Hipervisor de red</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Memoria de resultados P2.4</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:30</p>
9	<p><b>Tema 3: Virtualización de Funciones de Red (III)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P3.3: SDN y NFV en Centros de Proceso de Datos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>P3.2: Práctica sobre virtualización de funciones de red - Hipervisor de red</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Memoria de resultados P3.1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
10	<p><b>Tema 4: Centrales Definidas por Software. MEC.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P4.1: Práctica sobre plataforma OSM</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Memoria de resultados P3.2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:30</p>
11	<p><b>Tema 5: SD-WAN</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6: Planteamiento del trabajo final</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P5.1: Práctica sobre SD-WAN</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Memoria de resultados P3.3</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 04:30</p> <p><b>Segundo examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
12				<p><b>Memoria de resultados P4.1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 04:30</p>
13				<p><b>Memoria de resultados P5.1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:30</p>
14				<p><b>Trabajo final</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 22:00</p> <p><b>Examen del trabajo final</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
15				

16				
17				<p><b>Examen escrito (primer y segundo parcial)</b>  EX: Técnica del tipo Examen Escrito  Evaluación sólo prueba final  Presencial  Duración: 01:00</p> <p><b>Memoria de resultados de las prácticas</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual  Evaluación sólo prueba final  No presencial  Duración: 23:00</p> <p><b>Trabajo final</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual  Evaluación sólo prueba final  No presencial  Duración: 22:00</p> <p><b>Examen del trabajo final</b>  EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas  Evaluación sólo prueba final  Presencial  Duración: 01:00</p>

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
4	Memoria de resultados P2.1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	2%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
5	Memoria de resultados P2.2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:30	5%	4 / 10	CT1 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
6	Primer examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CT1 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8
7	Memoria de resultados P2.3	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:30	6%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
8	Memoria de resultados P2.4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:30	4%	4 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6

							CE8 CG4 CT5
9	Memoria de resultados P3.1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	01:00	4%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
10	Memoria de resultados P3.2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:30	9%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
11	Memoria de resultados P3.3	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:30	9%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
11	Segundo examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	10%	4 / 10	CT1 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8
12	Memoria de resultados P4.1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:30	7%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
13	Memoria de resultados P5.1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:30	4%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4

							CT5
14	Trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	22:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
14	Examen del trabajo final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen escrito (primer y segundo parcial)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	24%	4 / 10	CT1 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8
17	Memoria de resultados de las prácticas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	23:00	46%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
17	Trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	22:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5

17	Examen del trabajo final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
----	--------------------------	--	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen escrito (primer y segundo parcial)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	24%	4 / 10	CT1 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8
Memoria de resultados de las prácticas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	23:00	46%	4 / 10	CT1 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
Trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	22:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5

Examen del trabajo final	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
--------------------------	--	------------	-------	-----	--------	--

## 7.2. Criterios de evaluación

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación progresiva (apartado "7.1.1 Evaluación continua"). El trabajo final y el examen del trabajo final son pruebas de evaluación global, y por tanto, habrá una única convocatoria tanto para los estudiantes que siguen la evaluación progresiva como para los que opten por evaluación global.

Para superar la asignatura es necesario:

- obtener una calificación mínima de 4 sobre 10 en los exámenes parciales
- obtener una calificación mínima de 4 sobre 10 en las memorias de las prácticas
- realizar y superar con una calificación mínima de 5 sobre 10 las actividades "Trabajo final" y "Examen de trabajo final"
- obtener una suma ponderada de las anteriores calificaciones, según el peso indicado en la tabla "evaluación continua", mayor o igual a 5 puntos.

La evaluación global (apartado "7.1.2 Evaluación solo prueba final") se basará en las mismas técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua y se realizarán en las fechas y horas de evaluación aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre. Las calificaciones obtenidas durante la evaluación progresiva se guardan para la evaluación global. En la evaluación global, los estudiantes tendrán la oportunidad de repetir

únicamente las prácticas o exámenes para los que no hayan superado la calificación mínima.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará aplicando las técnicas y criterios de la evaluación global.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Portal Moodle de la asignatura	Recursos web	<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. William Stallings, Addison Wesley, 2015	Bibliografía	Texto básico recomendado que cubre gran parte de los contenidos de la asignatura. Disponible en formato electrónico en Safari: <a href="https://proquest.safaribooksonline.com/">https://proquest.safaribooksonline.com/</a>
Computer Networking: A Top-Down Approach (7th Edition), James F. Kurose and Keith W. Ross, Pearson, 2017.	Bibliografía	Texto básico recomendado que cubre principalmente los conceptos básicos sobre redes y arquitectura TCP/IP.
Laboratorios docentes del Dpto. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos	Equipamiento	Utilizados opcionalmente para las prácticas, que también pueden realizarse en los ordenadores personales de los alumnos.
Herramienta Virtual Networks over linuX (VNX)	Otros	Utilizada para crear los escenarios de red virtuales utilizados en las prácticas de laboratorio. La herramienta ha sido desarrollada en el propio departamento ( <a href="http://vnx.dit.upm.es">vnx.dit.upm.es</a> ) y es utilizada en varias asignaturas de redes impartidas en la ETSIT-UPM.



Lista de referencias adicional proporcionada junto con la documentación de cada tema.	Bibliografía	
---	--------------	--

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

- La asignatura se relaciona con el ODS 9 "Industria, innovación e infraestructura", en el ámbito de las TIC.
- La modalidad de enseñanza es presencial.