

**Guía docente de la asignatura**

Asignatura	CALIDAD DE SERVICIO EN REDES DE COMUNICACIONES		
Materia	COMPLEMENTOS DE TELEMÁTICA para Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación		
Módulo			
Titulación	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	544	Código	
Periodo de impartición	1º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA*
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	EUSEBIO FERÁNDEZ LOPEZ		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423701 E-MAIL: eusfer@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Véase www.uva.es → Másteres → Ingeniería de Telecomunicación → Tutorías		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

(*) Esta asignatura es optativa a nivel de título pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación.



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Es un hecho observable hoy en día, la incorporación cada vez mayor de componentes multimedia en las aplicaciones telemáticas. El empleo de esas componentes supone la imposición de nuevos requisitos en las arquitecturas telemáticas. Por ejemplo, la sustitución de la arquitectura TCP/IP, por la arquitectura UDP/IP, para el intercambio de información multimedia. Respecto a la capa de red, se imponen nuevos requisitos, en cuanto a la limitación a los valores máximos de los parámetros de retardo extremo a extremo y porcentaje de pérdida de paquetes, que permiten una mejora de la Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS) QoS. Para ello, es necesario aplicar enfoques, tales como, basados en servicios integrados y en servicios diferenciados, que incorporan los mecanismos necesarios para la consecución de esos requisitos.

Por otro lado, la Ingeniería de Teletráfico, consiste en la “*aplicación del cálculo de probabilidades a solucionar problemas de planificación, prestaciones, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones*”. Un aspecto a tener en cuenta en la mejora de QoS es la incorporación de recursos de red, que permitan el cumplimiento de los requisitos de tiempo y pérdida de paquetes. En Ingeniería de Teletráfico, se plantean modelos matemáticos del funcionamiento de las redes telemáticas, que permiten obtener la cuantificación de dichos recursos de red. De esta manera, se pueden comparar diferentes alternativas de diseño de redes, en cuanto a su rendimiento y al coste de utilización de recursos de red. Por tanto, se abordará en esta asignatura los diferentes enfoques para el cumplimiento de los requisitos de QoS, como también las técnicas empleadas en Ingeniería de Teletráfico para el dimensionamiento de las redes telemáticas.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con “Protocolos, redes y servicios telemáticos avanzados” del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, puesto que proporciona una introducción al análisis cuantitativo de los protocolos de comunicaciones en redes telemáticas, los cuales son abordados en ellas de manera descriptiva y cualitativa.

1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura.



2. Competencias

2.1 Generales

- Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligatorio cumplimiento.
- Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar los datos.
- Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- 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.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- 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 la paz.

2.2 Específicas

- 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 servicios telemáticos.
- Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.
- Capacidad de diseñar arquitecturas de redes y servicios telemáticos.



3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer, comprender y aplicar las técnicas cuantitativas básicas involucradas en la planificación, dimensionamiento y análisis de redes y servicios telemáticos.
- Comprender las soluciones de compromiso involucradas en el diseño de los protocolos y arquitecturas de comunicaciones de redes telemáticas.
- Conocer los mecanismos para el cumplimiento de los requisitos de calidad de servicio en las redes y los servicios telemáticos.
- Enumerar y describir los parámetros fundamentales de una red telemática que caracterizan la calidad de servicio que ofrece.
- Comprender las soluciones de compromiso involucradas en el diseño de los protocolos y arquitecturas de comunicaciones de redes telemáticas.
- Realizar un proyecto de diseño de una solución de calidad de servicio mediante el análisis comparativo de las diferentes soluciones posibles.





4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)	0		
Laboratorios (L)	15	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	15		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90





5. Bloques temáticos

Bloque 1: Introducción a la Ingeniería de Tráfico

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

Se abordará en este bloque una introducción a la Ingeniería de Teletráfico, centrándonos en dos ejemplos; un ejemplo basado en redes encoladas, como es el caso de la multiplexación estadística, mientras que otro ejemplo está basado en redes de pérdidas, como es la concentración de tráfico telefónico. Respecto al último ejemplo, se introducirán los conceptos básicos de tráfico y grado de servicio (GoS).

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Justificar la multiplexación de tráfico de paquetes en función de parámetros de tráfico.
- Justificar la concentración de tráfico telefónico en función de parámetros de tráfico.
- Diferenciar entre QoS y GoS.
- Comprender conceptos básicos de tráfico: intensidad de tráfico, tráfico cursado, tráfico de pérdidas y bloqueo,

c. Contenidos

TEMA 1: Introducción a la Ingeniería de Tráfico

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Multiplexación estadística
- 1.3 Concentración de tráfico telefónico
- 1.4 Conceptos básicos de tráfico y GoS
- 1.5 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Estudio de casos en aula
- Aprendizaje colaborativo

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. Bibliografía básica

- A. León-García and I. Widjaja, *Communications Networks*, 2th Ed., McGraw Hill, 2004.
- J. Bellamy, *Digital Telephony*, 2nd ed., N.Y. John Wiley, 1982.

h. Bibliografía complementaria

- J.F. Kurose, K.W. Ross, *Computer Networking: a top-down approach*, 6th Addison-Wesley, 2012.
- V. B. Iversen, *Teletraffic Engineering and Network Planning*, DTU Course 34340, 2010.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

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

Bloque 2: Teoría de colas y simulación de redes telemáticas

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

En este bloque se identificarán qué elementos de una red telemática se modelarán mediante la teoría de colas. Se llevará a cabo después un recordatorio de algunos conceptos básicos de la teoría de la probabilidad que se emplearán en la resolución matemática de las expresiones de los parámetros de modelos de colas. Más concretamente, se recordarán las características básicas de los procesos estocásticos de *Poisson* y de *Nacimiento y muerte*. Posteriormente, se particularizarán los resultados obtenidos por los desarrollos matemáticos anteriores a diversos modelos de tráfico (incluyendo modelos de espera y de pérdidas). Por último, se aplicarán las técnicas de simulación a modelos de colas.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Identificar qué aspectos de una red telemática pueden ser modelados mediante teoría de colas.
- Obtener analíticamente los parámetros de tráfico mediante teoría de colas.
- Comparar diferentes resultados analíticos de modelos de colas.
- Comparar los resultados de simulación respecto a los analíticos para modelos de colas.

c. Contenidos

TEMA 2: Introducción a la teoría de colas

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Fórmula de *Little*
- 2.3 Procesos de *Poisson*
- 2.4 Procesos de *Nacimiento y Muerte*



2.5 Resumen

TEMA 3: Modelos de tráfico y simulación

3.1 Objetivos

3.2 Notación de Kendall

3.3 Modelos: M/M/1, M/Mm, M/M/m/m, M/G/1

3.4 Simulación de redes de colas

3.5 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas
- Aprendizaje colaborativo

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
- Resolución de problemas de manera colaborativa
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

g. Bibliografía básica

- D. Bertsekas, R. Gallager, *Data Networks*, 2nd ed. Prentice Hall, 1992.

h. Bibliografía complementaria

- L. Kleinrock, *Queueing Systems*, vol. 1 and 2, John Wiley, 1976.
- A. M. Law, W. D. Kelton, *Simulation modeling and analysis*, 3th ed. MacGraw-Hill, 2000.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

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

Bloque 3: Calidad de servicio en redes y servicios telemáticos

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación



Este bloque le permitirá al alumno conocer aspectos sobre calidad de servicio en redes y servicios telemáticos. En primer lugar se hará una descripción de las técnicas de reducción de *jitter* para el soporte de aplicaciones con calidad de servicio. Posteriormente, se plantearán los requerimientos que se imponen a las capas inferiores por parte de las diferentes aplicaciones. En cuanto a los dispositivos de red, se describirán los mecanismos del cubo con créditos y prioridad en colas para el soporte de QoS. Y cómo se aplican dichos mecanismos en los enfoques de servicios integrados y servicios diferenciados.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Diferenciar servicios integrados de servicios diferenciados.
- Medir analíticamente los parámetros la calidad de servicio, a partir del tráfico en redes telemáticas.
- Conocer los mecanismos de planificación y supervisión del tráfico en redes telemáticas.
- Conocer los mecanismos de prioridad en colas aplicados a las redes telemáticas.
- Medir los parámetros la calidad de servicios relacionados con las aplicaciones telemáticas.
- Realizar un proyecto de diseño de una solución de calidad de servicio mediante el análisis comparativo de las diferentes soluciones posibles.

c. Contenidos

TEMA 4: QoS de los servicios telemáticos

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Requerimientos de las aplicaciones
- 2.3 Servicio "Mejor esfuerzo"
- 2.4 Protocolos RTP/RTCP
- 2.5 Resumen

TEMA 5: QoS en redes IP

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Requerimientos
- 3.3 Técnicas para alcanzar buena calidad de servicio
- 3.4 Servicios integrados y diferenciados
- 3.5 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas
- Estudio de casos en laboratorio
- Aprendizaje colaborativo

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
- Informes de laboratorio realizados por grupos de alumnos
- Resolución de problemas por parte del alumno
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

g. Bibliografía básica

- A.S. Tanenbaum, *Redes de computadores*, 5ª ed., Prentice Hall, México, 2010.

h. Bibliografía complementaria

- J.F. Kurose, K.W. Ross, *Computer Networking: a top-down approach*, 6th Addison-Wesley, 2012.
- A. León-García and I. Widjaja, *Communications Networks*, 2th Ed., McGraw Hill, 2004.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Ordenadores y software específico para la realización de las prácticas.
- Documentación de apoyo.



6. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Introducción a la Ingeniería de Teletráfico	0.5 ECTS	Semana 1 (22 sept. – 26 sept.)
Bloque 2: Teoría de colas y simulación de redes telemáticas	2.5 ECTS	Semanas 2 a 8 (29 sept. – 14 nov.)
Bloque 3: Calidad de servicio en redes y servicios telemáticos	2.5 ECTS	Semanas 9 a 15 (17 nov. – 16 ene.)

7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación de objetivos de aprendizaje desarrollados en laboratorio	25%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.0 para superar la asignatura.
Evaluación de objetivos de aprendizaje desarrollados en seminario	25%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.0 para superar la asignatura.
Examen final escrito	50%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.0 para superar la asignatura.

Si un alumno no alcanza 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.

La asignatura consta de dos partes (prácticas y teoría), donde se indica arriba el peso asignado a cada parte para el cálculo de la calificación final. La evaluación de cada una de las partes será la siguiente:

- Evaluación de objetivos de aprendizaje desarrollados en laboratorio. Se evaluarán de forma grupal informes realizados en laboratorio.
- Evaluación de objetivos de aprendizaje desarrollados en seminario. Se evaluarán de forma grupal trabajos realizados en seminario.
- Examen final escrito de teoría. Se plantearán tanto cuestiones teóricas como problemas relativos al temario de cada una de las partes de la asignatura.

Para las **convocatorias extraordinarias**, en caso de no haber igualado o superado el aprobado en cada una de las partes de la asignatura en la convocatoria ordinaria, habrá que realizar un examen escrito de la(s) parte(s) no aprobadas en la convocatoria extraordinaria. El peso asignado a cada una de las partes de la asignatura para la convocatoria extraordinaria es el mismo que el que corresponde a la convocatoria ordinaria.



Si teniendo aún una nota superior al 45% en una(s) parte(s) de la convocatoria ordinaria, el alumno se presenta al examen final escrito de la convocatoria extraordinaria, la nota obtenida en este último será la tenida en cuenta para la convocatoria extraordinaria.

8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.

