



## PRESENTACIÓN

### Breve descripción:

- La asignatura presenta las principales redes de telecomunicación públicas y privadas, los fundamentos y tecnologías en las que se sustentan, así como los servicios que proporcionan a sus usuarios.

### Titulación (Módulo/Materia):

- Ingeniería en Sistemas de telecomunicación (Bloque Común a la Rama de Telecomunicación/Tecnologías Básicas de Telecomunicación)

### Detalles:

- **ECTS:** 6 ECTS
- **Curso, semestre:** 2.º curso, 2.º semestre
- **Carácter:** Obligatorio
- **Idioma:** Castellano

### Profesores de la asignatura:

- Blasco del Campo, David/Profesor invitado
- Solar Ruiz, Héctor/Profesor titular

## COMPETENCIAS

### INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

CG4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

CG6 - Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

CE7 - Capacidad de utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.

CE8 - Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.



# Universidad de Navarra

CE10 - Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.

CE11 - Capacidad de concebir, desplegar, organizar y gestionar redes, sistemas, servicios e infraestructuras de telecomunicación en contextos residenciales (hogar, ciudad y comunidades digitales), empresariales o institucionales responsabilizándose de su puesta en marcha y mejora continua, así como conocer su impacto económico y social.

CE12 - Conocimiento y utilización de los fundamentos de la programación en redes, sistemas y servicios de telecomunicación.

CE17 - Conocimiento y utilización de los conceptos de arquitectura de red, protocolos e interfaces de comunicaciones.

CE18 - Capacidad de diferenciar los conceptos de redes de acceso y transporte, redes de conmutación de circuitos y de paquetes, redes fijas y móviles, así como los sistemas y aplicaciones de red distribuidos, servicios de voz, datos, audio, vídeo y servicios interactivos y multimedia.

CE19 - Conocimiento de los métodos de interconexión de redes y encaminamiento, así como los fundamentos de la planificación, dimensionado de redes en función de parámetros de tráfico.

CE20 - Conocimiento de la normativa y la regulación de las telecomunicaciones en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

CG8 - Conocer y aplicar elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos, organización y planificación de proyectos, así como de legislación, regulación y normalización en las telecomunicaciones.

## PROGRAMA

### 1. Introducción a las redes de telecomunicación

Introducción a las Redes de Telecomunicación y exposición de los fundamentos que luego serán la base para comprender los siguientes temas.

- Primeros sistemas de telecomunicación
- Modelo de una red de telecomunicación
- Topologías de red
- Funciones de transmisión y conmutación
- Modelo de referencia OSI
- Arquitecturas de red
- Servicios de telecomunicación
- Organismos de normalización
- Normativa y regulación

### 2. Red telefónica



# Universidad de Navarra

Se desarrollan los distintos aspectos de una de las principales redes de comunicaciones del siglo XX. Desde el teléfono de Alexander Graham Bell hasta los modernos sistemas que soportan los servicios de telefonía fija. En paralelo se plantean conceptos comunes a otros tipos de redes.

- Fundamentos del sistema telefónico
- Transmisión digital de la voz
- Red Digital de Servicios Integrados
- Tráfico telefónico
- Señalización
- Red Inteligente
- Estructura de la red telefónica
- Numeración

## 3.Red de Transporte

Las Redes de Transporte comunican los nodos de los operadores de telecomunicaciones entre sí para transportar los distintos servicios. En este tema se desarrollan los fundamentos de la primera capa OSI y se extrapolan a las arquitecturas y principales tecnologías de la Red de Transporte.

Fundamentos de la capa física

- Transmisión analógica y digital
- Símbolos, códigos y señales
- Velocidad de transmisión
- Capacidad del canal
- Códigos de línea
- Transmisión paso banda
- Multiplexación

Medios de transmisión

- Cable de pares
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Transmisión sin cables

Planta exterior y normativa ICT

Fundamentos de la Red de Transporte

- Tecnologías de la Red de Transporte
- Multiplexación por división en frecuencia (FDM)
- Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)
- Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
- Multiplexación por división en longitud de onda (WDM)

## 4.Redes de Acceso



# Universidad de Navarra

Las Redes de Acceso llevan los servicios desde los nodos de los operadores hasta los usuarios. En este tema se profundiza en los aspectos de la primera capa OSI desarrollando los principales conceptos de estas redes y sus tecnologías más habituales.

Concepto y evolución de las redes de acceso

Tecnologías de acceso

- Tecnologías de acceso sobre cable de pares: modems de banda vocal y tecnologías xDSL.
- Tecnologías de acceso sobre cable coaxial: Red HFC, CATV, DOCSIS
- Tecnologías de acceso sobre fibra óptica: redes activas y pasivas (xPON)
- Tecnologías de acceso radio: red móvil

Arquitecturas de acceso (FTTx)

Oferta de acceso al bucle de abonado (OBA)

## 5. Redes de paquetes

Las redes de paquetes inicialmente se plantearon para el transporte del tráfico de datos (correo, ficheros,...) a diferencia de la red de telefonía desarrollada para el tráfico de voz. En las últimas décadas el tráfico de datos ha crecido exponencialmente soportando multitud de servicios. Actualmente estas redes tanto privadas, de ámbito local (LAN) o global (WAN), como públicas (Internet) constituyen una de las bases tecnológicas del siglo XXI. En este tema se desarrollan los conceptos de las capas de enlace, red, transporte y aplicación así como los principales protocolos y esquema de funcionamiento de estos.

Conceptos básicos

Capa de Enlace

- Fundamentos
- Mecanismos para el control de errores y acceso a medios compartidos.
- Protocolos Ethernet y Point to Point Protocol (PPP)
- Redes LAN

Capa de Red

- Fundamentos
- Protocolo IP, direccionamiento y encaminamiento
- Protocolos de pasarela interior y exterior
- Protocolos DHCP y NAT
- Internet

Capa de Transporte

- Fundamentos
- Protocolos UDP y TCP

Capa de Aplicación

- Fundamentos
- Sistema de nombres de dominio (DNS)



- Correo electrónico
- World Wide Web

## 6. Audio y video sobre redes de paquetes

Originalmente el tráfico de audio y video se soportaba sobre redes específicas: red de telefonía, radiodifusión, CATV,... Actualmente este tipo de tráficos también se pueden cursar sobre redes de paquetes. En este tema se presentan los distintos aspectos y soluciones para que esto sea posible y se puedan ofrecer servicios como los de streaming de voz y video, telefonía (VoIP) o videoconferencia.

- Codificación de audio y video
- Transporte de audio y video sobre redes de paquetes
- Protocolos de transporte en tiempo real: RTP y RTCP
- Señalización: Protocolo SIP y servidores SIP.

#####

## 1.Introduction to Telecommunication Networks

This chapter is an introduction to telecommunication networks where are exposed the networks grounds that will later be the basis for understanding the following topics.

- First telecommunication systems
- Model of a telecommunication network
- Network topologies
- Transmission and switching functions
- The OSI reference model
- Network architectures
- Telecommunication services
- Network standardization
- Rules and regulations

## 2.The Telephone Network

In this chapter there are developed the different aspects of one of the main communications networks of the twentieth century. From the Alexander Graham Bell's telephone to modern systems supporting landline services. Furthermore, there are proposed common concepts to other types of networks.

- Telephone system basics
- Digital voice transmission
- Integrated Services Digital Network
- Telephone traffic
- Signaling
- Intelligent Network
- Structure of the telephone network
- Telephony numbering space



### 3.The Transport Network

The transport networks communicate the nodes of the telecommunications operators with each other to transport the different services. In this chapter, the basics of the first OSI layer are developed and they are extrapolated to the architectures and main technologies of the transport network.

#### Physical Layer Basics

- Analog and digital transmission
- Symbols, codes and signs
- Data rate and the maximum data rate of a channel
- Line codes
- Passband transmission
- Multiplexing

#### Transmission media

- Twisted pairs
- Coaxial cable
- Fiber optics
- Wireless transmission

#### Outside plant and Telecommunication Common Infrastructure regulation

#### Transport network basics

#### Transport network technologies

- Frequency Division Multiplexing (FDM)
- Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)
- Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
- Wavelength Division Multiplexing (WDM)

### 4. The Access Network

The access networks carry the services from the operators' nodes to the users. This chapter delves into the aspects of the first OSI layer, developing the main concepts of these networks and their most common technologies.

#### Concept and evolution of access networks

#### Access technologies

- Access technologies over twisted pairs: voiceband modems and xDSL technologies.
- Access technologies over coaxial cable: HFC, CATV, DOCSIS network
- Access technologies over fiber optics: active and passive networks (xPON)
- Radio access technologies: mobile network

#### Access architectures (FTTx)

#### Subscriber loop access offer



## 5. Packet-switched Networks

Packet-switched networks were initially designed to transport data traffic (mail, files,...) unlike the telephone network developed for voice traffic. In the last decades, data traffic has grown exponentially, supporting a multitude of services. Currently these networks, both private and public (Internet), local (LAN) and global (WAN) constitute one of the technological bases of the 21st century. In this chapter there are developed the concepts of the link, network, transport and application layers, as well as their main protocols and operating schemes.

Basic concepts

Link Layer

- Basics
- Mechanisms for error control and access to shared media
- Ethernet and Point to Point Protocol (PPP)
- Local area networks

Network Layer

- Basics
- IP protocol, addressing and routing
- Indoor and outdoor gateway protocols
- DHCP and NAT protocols
- Internet

Transport Layer

- Basics
- UDP and TCP protocols

Application Layer

- Basics
- Domain Name System (DNS)
- Email
- world Wide Web

## 6. Audio and Video over Packet-switched Networks

Originally, audio and video traffic was supported on specific networks: telephone network, broadcasting network, CATV, ... Currently this type of traffic can also be carried over packet-switched networks. This chapter presents the different aspects and solutions to make this possible and how they can provide services such as voice and video streaming, telephony (VoIP) or videoconferencing.

- Audio and video encoding
- Audio and video transport over packet-switched networks
- Real-time transport protocols: RTP and RTCP
- Signaling: SIP protocol and SIP servers



## ACTIVIDADES FORMATIVAS

### Sesiones de teoría

Serán la columna vertebral de la asignatura y las que principalmente ocuparán las horas lectivas.

### Lecturas y problemas propuestos para el alumno

Se propondrán una serie de lecturas y problemas relacionados con las sesiones de teoría para que el alumno los realice en horario lectivo y no lectivo. Posteriormente se consultará sobre ellos y se revisarán en clase. Se recomienda trabajar personalmente en las lecturas y problemas propuestos para afianzar los conocimientos expuestos en clase.

### Trabajo teórico

Consistirá en la definición de un servicio de telecomunicaciones y el desarrollo del modelo de negocio asociado.

En el trabajo se desarrollarán los siguientes aspectos:

- Descripción del servicio desde el punto de vista del usuario.
- Desarrollo de la solución técnica. Presentando esquema de red, identificando los elementos que intervienen, justificando el dimensionamiento, así como el funcionamiento del conjunto para la explotación del servicio.
- Descripción de la operativa y planificación de la puesta en marcha de la infraestructura para la prestación de los servicios.
- Desarrollo del modelo de negocio. Identificando los productos a ofrecer, sus precios, expectativas de ventas y canales de distribución. Análisis de inversiones, gastos de explotación y retorno esperado en un escenario plurianual.

El trabajo se realizará en grupo. Cada grupo entregará un trabajo escrito siguiendo las instrucciones que se den y defenderá su propuesta en clase.

### Trabajo práctico

Consiste en la configuración de distintos servicios telefónicos sobre una centralita de telefonía IP basada en código abierto Asterisk.

El trabajo se realizará en grupo. Cada grupo presentará un trabajo escrito siguiendo las instrucciones que se den y demostrará al profesor el correcto funcionamiento de la configuración realizada.

## EVALUACIÓN



# Universidad de Navarra

La evaluación de la asignatura, **tanto para la convocatoria ordinaria como para la extraordinaria**, se realizará según las siguientes actividades:

Examen: teoría y problemas (75% nota de la asignatura)

Trabajos prácticos y teóricos (25% nota de la asignatura)

- Trabajo práctico (8%)
- Trabajo teórico (17%)

Consideraciones:

Es necesario aprobar el examen para aprobar la asignatura. Si no se supera el examen no se promedia la nota con los trabajos.

A mediados de curso habrá un examen parcial de realización opcional. Si se aprueba libera materia de cara al examen final.

La nota de los trabajos se guarda para otros años.

Por realizar las lecturas y problemas propuestos por el profesor se puede subir la nota final siempre que se haya aprobado el examen de la asignatura. Si se supera el 60% de las cuestiones de clase de todo el curso se obtendrán 0,4 puntos; otros 0,3 puntos adicionales si se supera el 75%; y otros 0,3 puntos adicionales si se supera el 90%.

## HORARIOS DE ATENCIÓN

Los alumnos podrán acudir a la tutoría previa cita con el profesor para resolver dudas que hayan podido surgir en relación a la asignatura.

David Blasco [dblasco@external.unav.es](mailto:dblasco@external.unav.es)

## BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía presentada a continuación está disponible en la biblioteca.

### Bibliografía básica

- Computer Networks (5 ed). [Andrew S.Tanenbaum. 2010. Pearson] [Localízalo en la biblioteca](#)
- Networks and Telecommunications. Design and Operation (2 ed). [Martin P. Clark. 1999. Wiley] [Localízalo en la biblioteca](#)
- Broadband Telecommunications Technology (2 ed). [Byeong Gi Lee. 1996. Artech House] [localízalo en la biblioteca](#)

Sistema telefónico



# Universidad de Navarra

- Understanding Telephone Electronics (3 ed). [Stephen J. Bigelow. 1991. SAMS] [Localízalo en la biblioteca](#) (formato papel); [Versión electrónica](#) (4 ed.)

## Redes de transporte

- Fundamentals of Photonics (2 ed). [B.E.A. Saleh. 2007. Wiley] [Localízalo en la biblioteca](#)

## Redes de acceso

- xDSL Architecture. [Padmanand Warriar. 2000. McGraw Hill] [Localízalo en la biblioteca](#)
- Understanding Digital Subscriber Line Technology. [Thomas Starr. 1999. Prentice Hall] [Localízalo en la biblioteca](#)
- Comunicaciones móviles. [José Manuel Huidobro. 2002. Thomson-Paraninfo] [Localízalo en la biblioteca](#) (formato papel); [versión electrónica](#) (2014)

## Redes de paquetes

- Academia de networking de Cisco Systems. Guía del primer y segundo año [2002. Cisco Press] [Localízalo en la biblioteca](#)

## Voz sobre IP

- Carrier Grade Voice over IP. [Daniel Collins. 2004. McGraw Hill] [Localízalo en la biblioteca](#)
- IP Telephony. [Oliver Hersent. 2000. Addison Wesley] [Localízalo en la biblioteca](#)

A continuación se presentan webs de interés sobre distintos aspectos de la asignatura.

## Normalización de las Telecomunicaciones

- ITU: [www.itu.int](http://www.itu.int)
- IETF: [www.ietf.org](http://www.ietf.org)

## Regulación de las Telecomunicaciones

- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (antes Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones): <https://www.cnmc.es/es-es/telecomunicacionesysaudiovisuales>