

Redes de Computadores I

Tema 1: Introducción a las redes de computadores

Evolución histórica

¿Qué es una red de ordenadores?

Aplicaciones

Ventajas e inconvenientes

Un modelo simplificado para las comunicaciones

Estructura de la red

Criterios de clasificación y tipos de redes



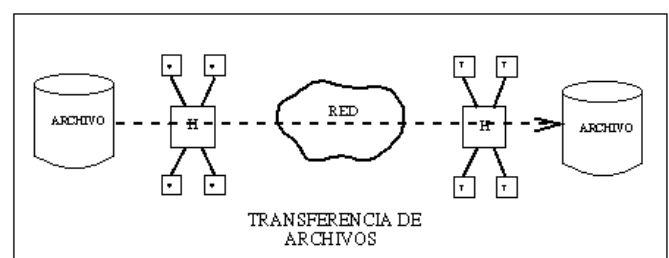
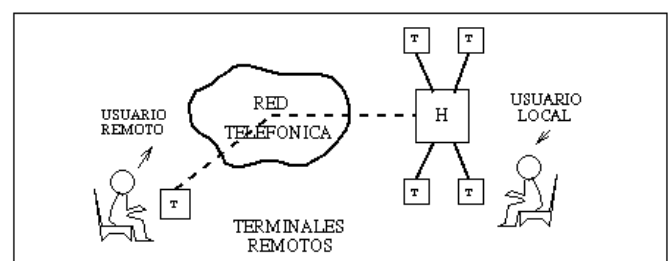
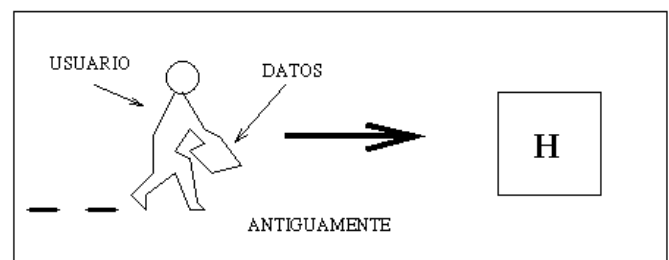
Grado en Ingeniería Informática



17/09/2019

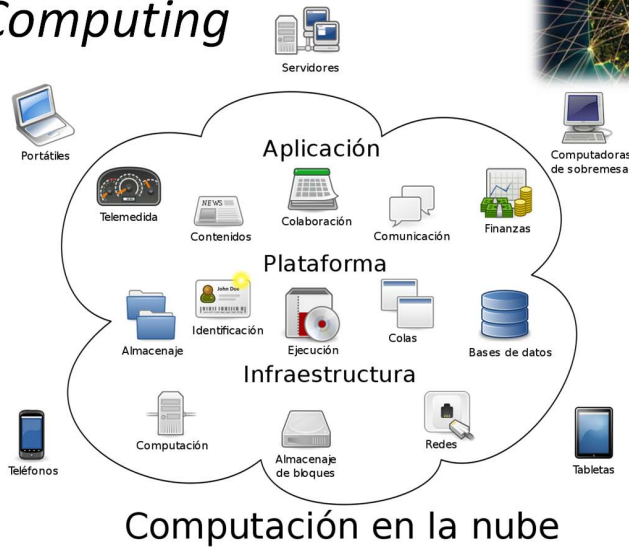
Evolución histórica I

- Terminales unidos al host
- Terminales remotos. Líneas de telecomunicación. Años 60. Equipos especializados en comunicaciones. Ejemplo IBM 3270
 - Teleinformática o telemática. Tratamiento y transporte de información entre equipos informáticos distantes
- PC's conectados a una LAN (1980). Conexión asíncrona mediante un servidor de comunicaciones
- PC's con emulación (Envío de ficheros). Protocolo Kermit (1981)
- PC's y Estaciones de trabajo autónomos conectados



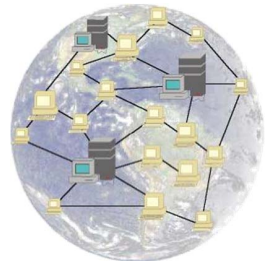
Evolución histórica II

- Conexiones de redes de banda ancha. Internet (1985), “La aldea global”
- Computación en la nube - *Cloud Computing*



3

¿Qué es una red de computadoras?



- **Teleinformática o telemática.** Tratamiento y transporte de información entre equipos informáticos distantes
- Algunas posibles definiciones
 - Configuración de distintos procesadores de datos conectados para intercambio de información
 - Colección de computadoras autónomas interconectadas (opuesto a maestro/esclavo)
 - Conjunto de canales de comunicación que interconectan un conjunto de dispositivos de computo capaces de comunicarse entre sí



Aplicaciones de una red de ordenadores

- **Compartir recursos**
 - Acceso a computadoras especializadas
 - Utilización de software costoso y con gran demanda de recursos
 - Utilización de dispositivos de presentación o consulta que sólo son rentables a nivel corporativo (Ej: facilidades de valor añadido)
- **Compartir datos**
 - Acceso a bases de datos de ámbito nacional o internacional
 - Sistemas de consulta técnica o profesional
 - Sistemas de reserva de plaza
 - Consulta y operaciones financieras
- **Intercambio de información y comunicación**
 - Soporte para el crecimiento de la actividad científica
 - Foro de intercambio de opiniones
 - Coordinación de trabajo a domicilio
 - Servicios en línea de comunidades de usuarios
 - Alternativa válida al transporte de personas



Ventajas e inconvenientes de una red

- **Ventajas**
 - Compartir datos y recursos
 - Simplificación en la instalación de sistemas informáticos individuales
 - Ventajas derivadas de que sea un sistema modular (mayor facilidad de puesta a punto, de reparación, etc.)
 - Posibilidad de descentralizar datos y decisiones
- **Inconvenientes**
 - Inconsistencia de la información
 - Creación de copias múltiples de datos, lo que impone mantener una coherencia entre las mismas
 - Seguridad
 - Al aumentar el número de usuarios con acceso al sistema se incrementa el problema de la confidencialidad de los datos

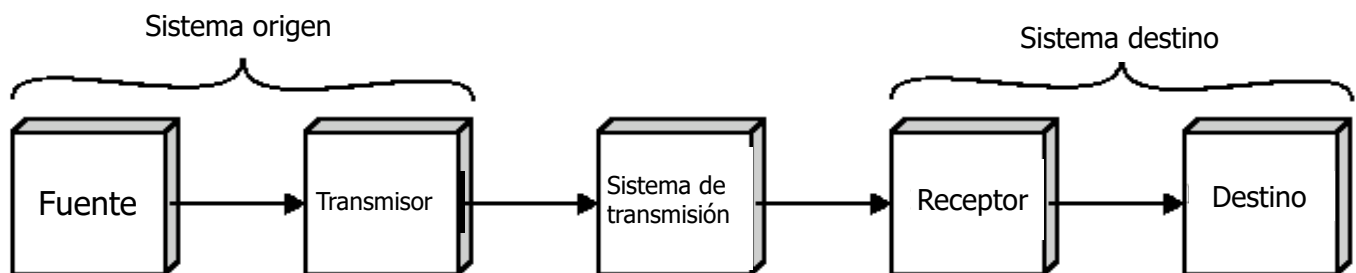


Un modelo simplificado para las comunicaciones I

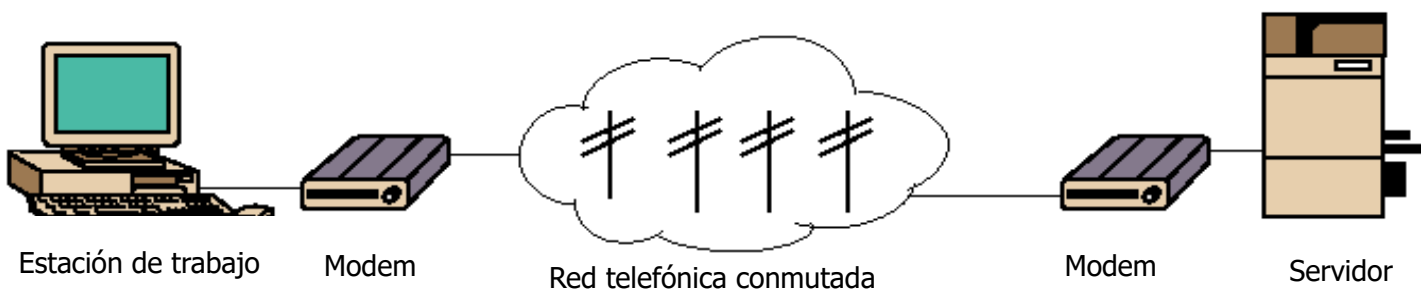
- La fuente
 - Genera los datos a transmitir
- El transmisor
 - Transforma la información, generando señales susceptibles de ser transmitidas
- El sistema de transmisión
 - Transporta la información
- El receptor
 - Transforma la señal recibida en información
- El destino
 - Toma los datos del receptor



Modelo simplificado para las comunicaciones II



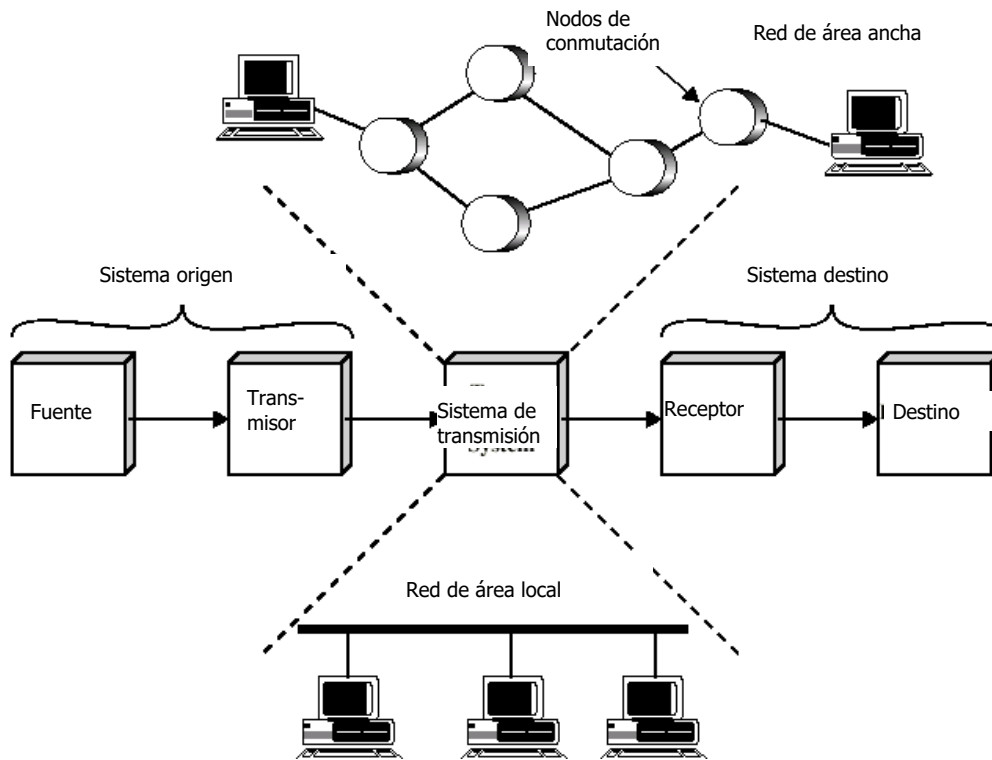
(a) Diagrama general de bloques



(b) Ejemplo



Modelo simplificado para las comunicaciones III



(c) Red de comunicación



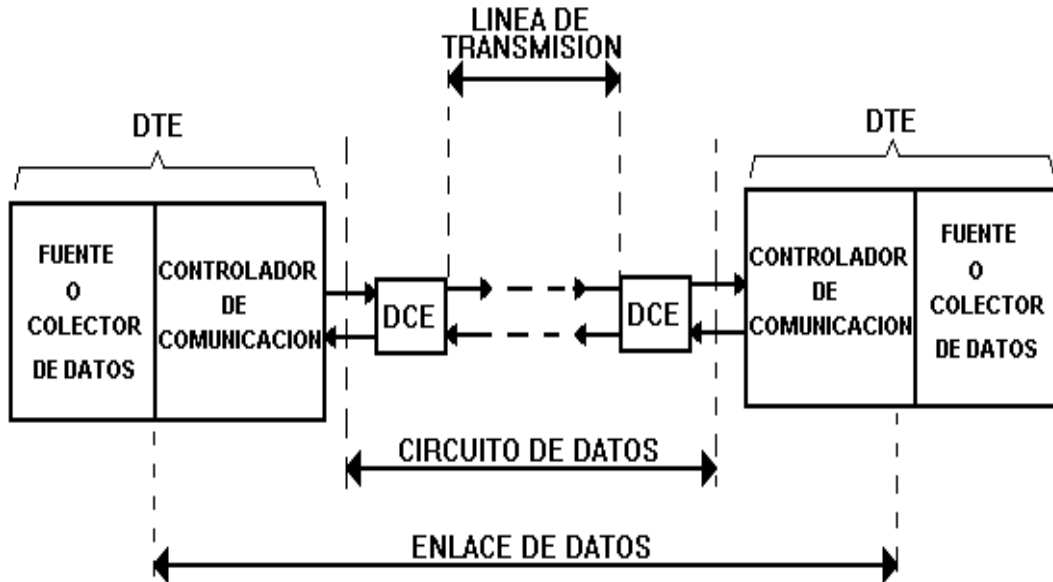
Modelo para las comunicaciones I

- Los elementos que intervienen en una comunicación de datos:
 - Sistema de transmisión de datos
 - DTE (*Data Terminal Equipment*) o ETD (en español) es emisor o receptor de datos y controla la comunicación.
 - Puede ser un terminal, ordenador, impresora, etc.
 - DCE (*Data Circuit-Terminating Equipment*) o ETCD (en español). Equipo de terminación del circuito de datos que transforma las señales portadoras de la información a transmitir en otras señales que contienen la misma información más una información de control de uso exclusivo entre los DCE para que puedan ser enviadas hasta el DCE distante mediante los medios de telecomunicación clásicos.
 - Por ejemplo un módem, CODEC
 - Línea de transmisión - conjunto de medios de comunicación que une los DCE's
 - Circuito de Datos: Conjunto de DCE's y línea, cuya misión es unir DTE's
 - Enlace de Datos: Unión entre fuente y colector de datos, formado por controladores de comunicaciones, DTE's y línea



Modelo para las comunicaciones II

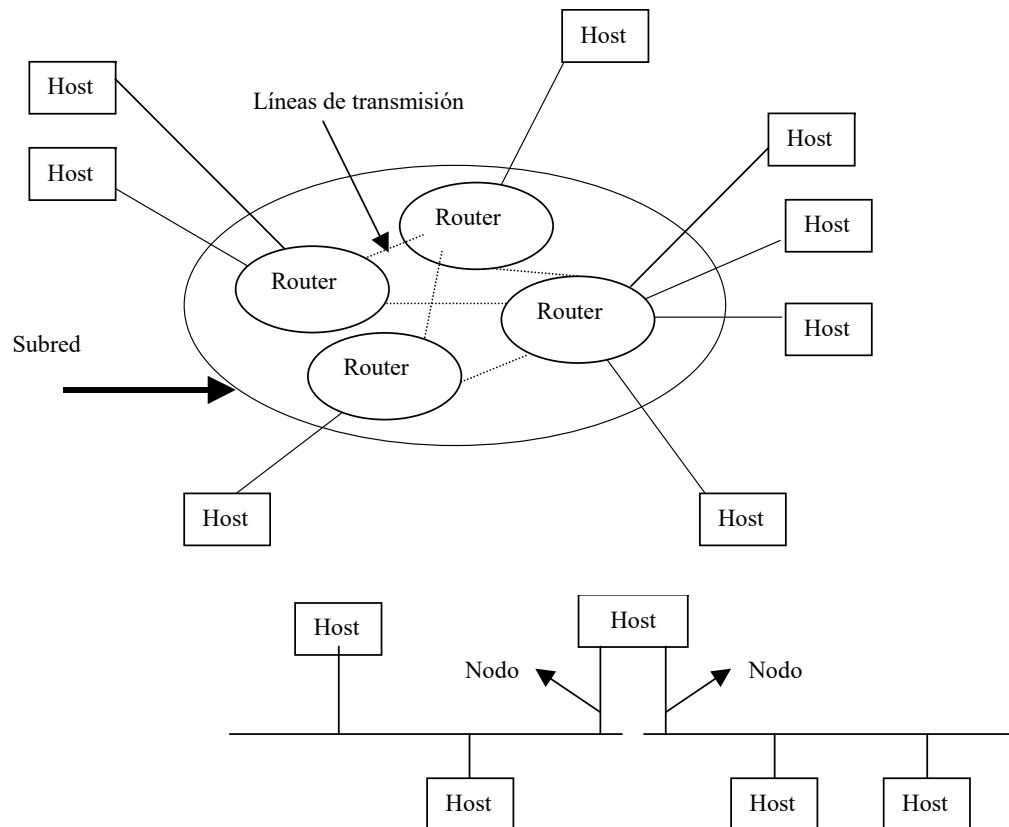
ELEMENTOS DE LA COMUNICACIÓN



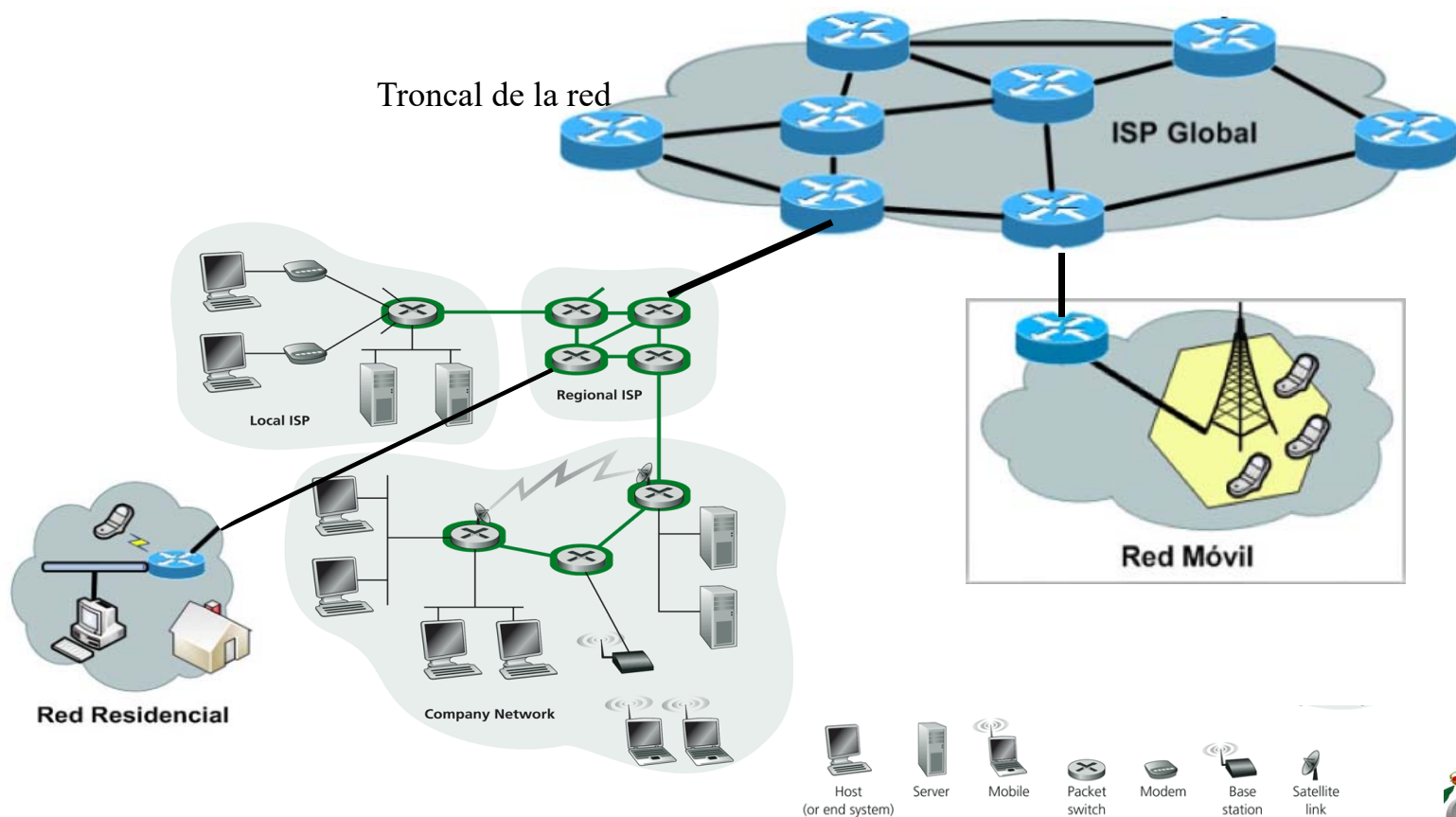
Estructura de la red I

- Siguiendo la terminología ARPANET dos son los grandes subsistemas de que se compone toda red:
 - Los elementos del conjunto de sistemas, llamados **hosts**, **sistemas finales o nodos**. No obstante merece la pena distinguir *host* de *nodo*:
 - *Host*: Sistema autónomo que participa en una red de computadoras
 - *Nodo*: Cada una de las posibles conexiones de un *host*
 - Coloquialmente se utiliza el término conexión de red para referirse a éstas y *nodo* para indicar *host*
 - La **subred** de comunicación, encargada de transportar la información de un nodo a otro. La subred de comunicación consta, a su vez, de:
 - Líneas de transmisión, llamadas también circuitos, canales o troncos
 - Elementos de comunicación o nodos de conmutación, que son computadoras especializadas en la interconexión de líneas de transmisión. También se denominan routers, encaminadores, *Interchange Message Processors* (IMP), sistema intermediario o central de conmutación de datos
- El diseño de una red se simplifica si se separan aspectos de comunicaciones (subred) y los aspectos orientados a las aplicaciones (*host*)

Estructura de la red II

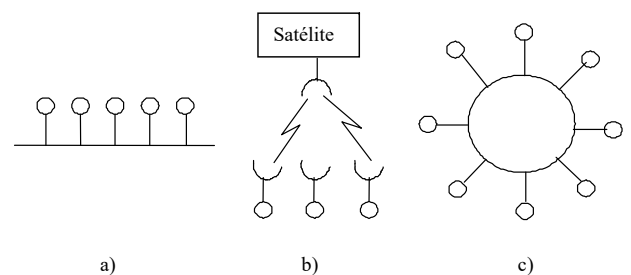
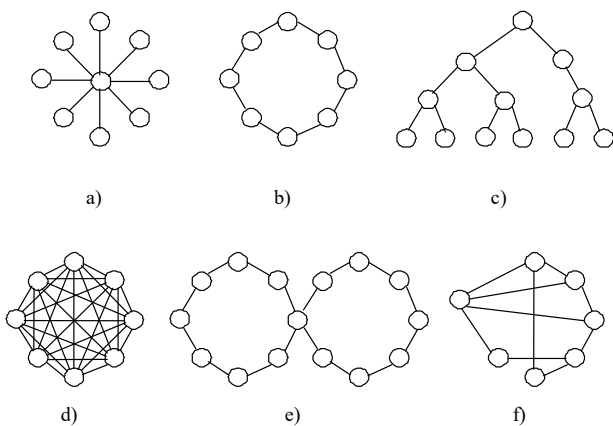


Estructura de la red III



Criterios de clasificación y tipos de redes I

- En términos de la topología de la subred de comunicación
 - Redes punto a punto
 - Varias conexiones entre pares individuales de máquinas
 - Estrella, anillo, árbol, malla completa, intersección de anillos, malla parcial
 - Redes de difusión (*broadcast*)
 - Existe un sólo canal de comunicación que es compartido por todas las máquinas
 - Bus, anillo, radio o satélite



Criterios de clasificación y tipos de redes II

- En términos de la naturaleza del canal de comunicación:
 - Redes de conmutación
 - Redes de canal dedicado
- En términos de la extensión geográfica:
 - Área local (LAN)
 - Área Extensa (WAN)
- En términos del organismo que las gestiona:
 - Redes públicas, privadas, redes cooperativas
- En términos de la uniformidad de la arquitectura:
 - Redes homogéneas e interredes

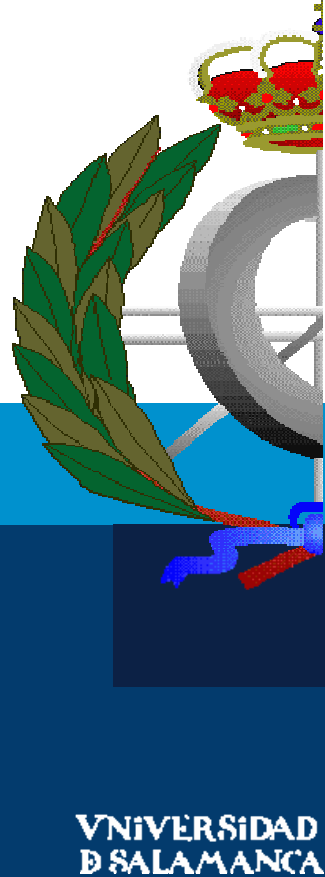




Redes de Computadores I

Tema 2: Normalización

1. Necesidad y vías para la normalización
2. Organismos internacionales de normalización
3. El modelo de referencia OSI de la ISO
4. Descripción de los niveles
5. Terminología OSI
6. Arquitectura de Internet



10/10/2016



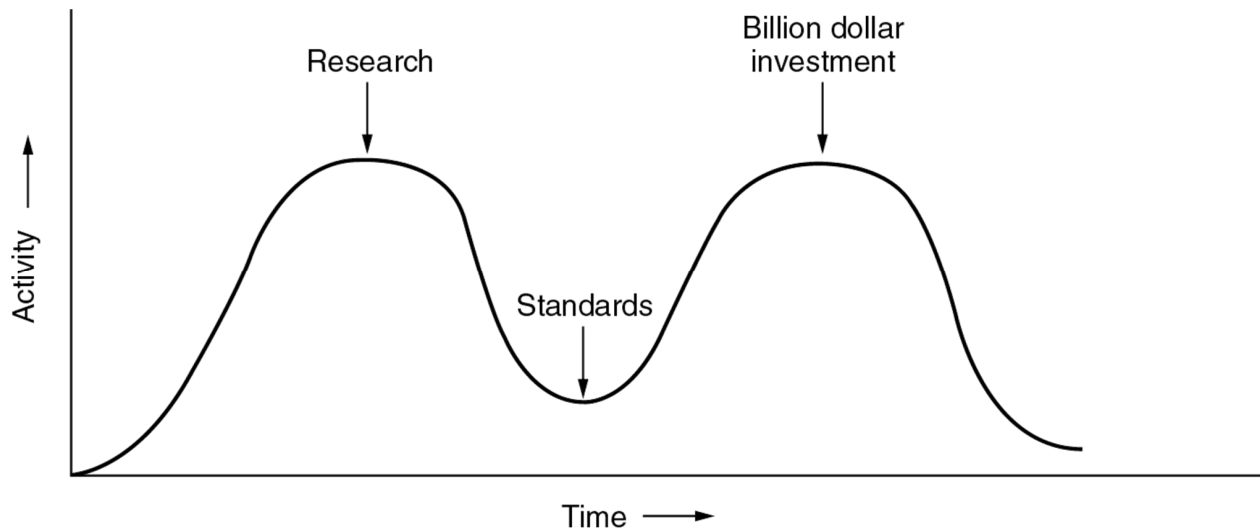
Necesidad y vías de normalización

- **Objetivo:** Hace posible la comunicación entre usuarios de diferentes computadoras
 - Ventajas
 - Incremento del mercado
 - Disminuir el precio de compra
 - Desventajas
 - Congelación de la tecnología
 - Muchos estándares para la misma función e incompatible entre si
- A un estándar puede llegarse por dos caminos diferentes:
 - De facto (de hecho)
 - Ej: Los PC's o Internet
 - De jure (por ley)
 - Ej. ITU e ISO
 - Estándares públicos vs privados



Discusión sobre la estandarización

- Teoría David Clark. MIT ("El Apocalipsis de los dos elefantes")



Redes de Computadores I - Normalización

3

Organismos Internacionales de Normalización

- ITU-T
 - [Unión Internacional de Telecomunicaciones](#)
 - Conocido hasta 1993 como Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT)
- ISO
 - [Organización Internacional de Normalización](#)
- IAB
 - [Comité para la arquitectura de Internet](#) (*Internet Architecture Board*)
 - Cuerpo técnico que supervisa el desarrollo y estandarización del conjunto de protocolos de Internet
 - Dividido en:
 - Comité para la ingeniería en Internet IETF ([Internet Engineering Task Force](#))
 - Responsable de la publicación de los RFCs ([Request For Comments](#))
 - Comité para la investigación en Internet IRTF ([Internet Research Task Force](#))
- [Broadband Forum](#)
- El W3C ([World Wide Web Consortium](#))
- ...

Redes de Computadores I - Normalización

4



Normalización I

- La **ITU** (Unión Internacional de Telecomunicaciones), una agencia que integra 3 órganos principales, dos de los cuales se dedican a las radiotransmisiones y el tercero (**T**) a los sistemas de comunicación telefónica y de datos
- La UIT es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las *tecnologías de la información y la comunicación*
- Tiene su sede en Ginebra (Suiza) y está formada por 193 Estados Miembros y más de 700 Miembros de Sector y Asociados
- El ITU-T divide su trabajo normativo en categorías, cada una de las cuales viene identificada por una letra que se conoce como serie
 - Serie V Comunicación de datos por la red telefónica
 - Serie X Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos y seguridad
 - ...
- Página de la ITU-T (disponible en español)
 - <http://www.itu.int>



Normalización II: Algunos Estándares ITU-T

- V.24 – EIA RS-232-C: Comunicaciones líneas serie
- V.35: Interfaz de nivel físico para líneas punto a punto
- V.90: Módems de 56/33,6 Kb/s
- X.25: Red pública de conmutación de paquetes
- X.200-X.299: Interconexión de sistemas abiertos
- X.400: Sistema de mensajería de correo electrónico
- H.323: Videoconferencia en IP (ej.: *Netmeeting*)
- G.711: Digitalización de la voz en telefonía
- G.992.1 o G.DMT: ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)



Normalización III

- La organización encargada de la emisión de estándares a nivel internacional es ISO (*Internacional Organization for Standarization*):
 - Organización no gubernamental de países voluntarios, constituida en 1946 al amparo de la ONU
 - Sus miembros son las organizaciones nacionales de normalización de cada uno de los 89 países miembros ([AENOR](#), [ANSI](#) o [DIN](#))
 - ISO se organiza en casi 200 comités técnicos (TC), que agrupan diversos subcomités (SC) y grupos de trabajo (WG)
 - Emite normas en áreas muy diversas, que van desde la normalización de los pasos de rosca en tornillos (TC1) a las normas relativas a computadoras y procesamiento de información (TC97)
 - En materia de normas de telecomunicaciones, ISO y ITU-T suelen colaborar estrechamente
 - Mas información en <http://www.iso.org>



Normalización IV

- Algunas de las organizaciones de más peso de las integradas en ISO son
 - **ANSI**: El [Instituto Nacional Estadounidense de Estándares](#) (**ANSI**, por sus siglas en inglés: *American National Standards Institute*) es una organización privada sin intereses económicos integrada por empresa del sector electrónico, compañías telefónicas de servicio público y otras partes interesadas del sector de comunicaciones. Sus recomendaciones casi siempre se convierten en normas internacionales ISO
 - <http://www.ansi.org/>
 - **NBS**: La **Oficina Nacional de Normalización** es una agencia del departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas normas son de obligado cumplimiento los bienes adquiridos por el gobierno (salvo Defensa que tiene sus propias normas)
 - **IEEE**: El instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es la mayor organización profesional del mundo dedicado a la publicación de un gran número de revistas y a la organización de un sinnúmero de conferencias.
 - Incluye un grupo de normalización famoso en el área de ingeniería eléctrica y la computación (IEEE 802.X o IEEE 488)





Ejemplo de estándares ISO

- ISO 7498: el modelo OSI
- ISO 3309: HDLC (protocolo a nivel de enlace)
- ISO 8802.3: el IEEE 802.3 (Ethernet)
- ISO 8473: CLNP: *ConnectionLess Network Protocol* (variante de IP hecha por ISO)
- ISO 9000: Estándares de control de calidad
- ISO 690/1987 de referencias bibliográficas



El OSI DE LA ISO: Una propuesta de modelo de referencia

- En 1977 se creó un subcomité (nº 16) que fue denominado "*of Open System Interconnection*"
- OSI es un modelo de referencia para la normalización de protocolos en redes de ordenadores
- Fue definido entre 1977 y 1983 para promover la creación de estándares independientes de fabricante
- EL juego de niveles y protocolos constituyen la **arquitectura de la red**
- Arquitectura en una estratificación de 7 niveles
- Cada nivel
 - Realiza un conjunto de funciones necesarias para comunicarse con otros sistemas
 - Se sustenta en la capa inmediatamente inferior, la cual realizará funciones más primitivas
 - Proporciona servicios al nivel inmediatamente superior
- Los cambios en un nivel no implicarán cambios en los otros niveles



Capa Física

**Transmite
los datos**

Especificación de medios de transmisión
mecánicos, eléctricos, funcionales y
procedurales



N=1

Redes de Computadores I - Normalización

11

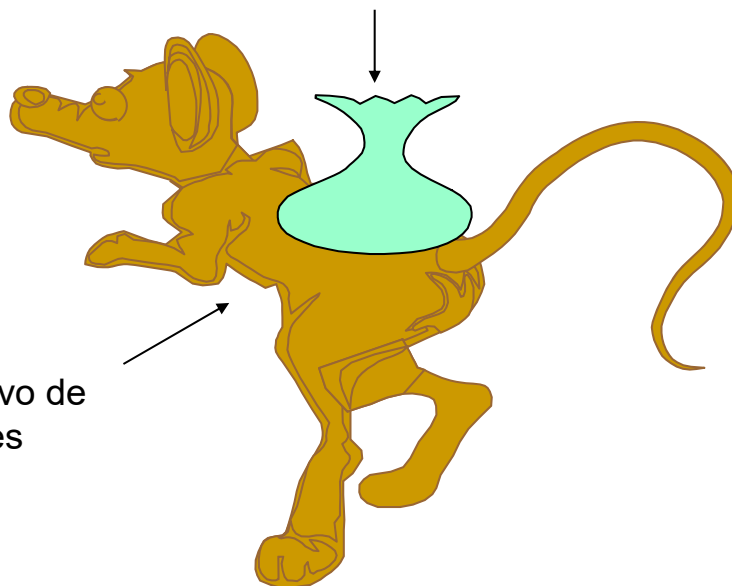


Capa de Enlace

**Provee el control de la capa
física**

**Detecta y/o corrige errores de
transmisión**

Datos puros



Driver del dispositivo de
comunicaciones

N=2

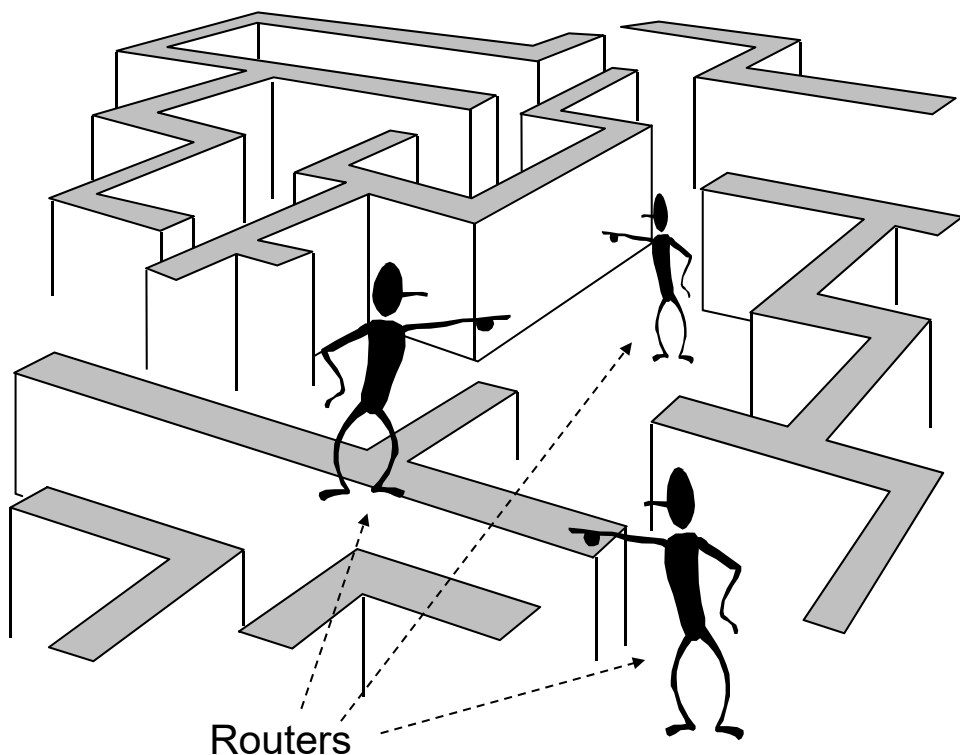
Redes de Computadores I - Normalización

12

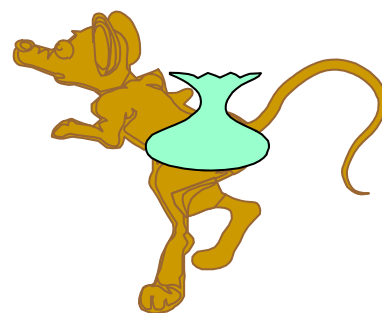


Capa de Red

Suministra información sobre la
ruta a seguir



¿Por donde debo
ir a w.x.y.z?



N=3

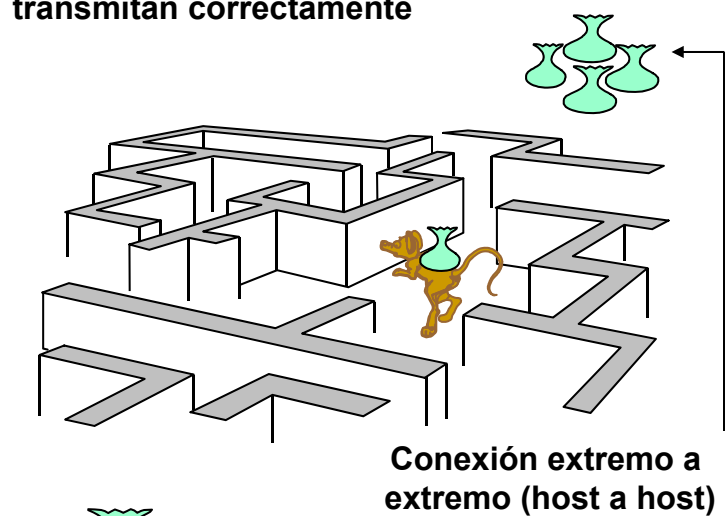
Redes de Computadores I - Normalización

13



Capa de Transporte

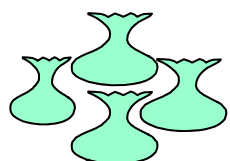
Verifica que los datos se
transmitan correctamente



¿Son estos
datos buenos?

Error de
comprobación de
mensaje

Este paquete no
es bueno.
Reenviar



Paquetes
de datos

N=4

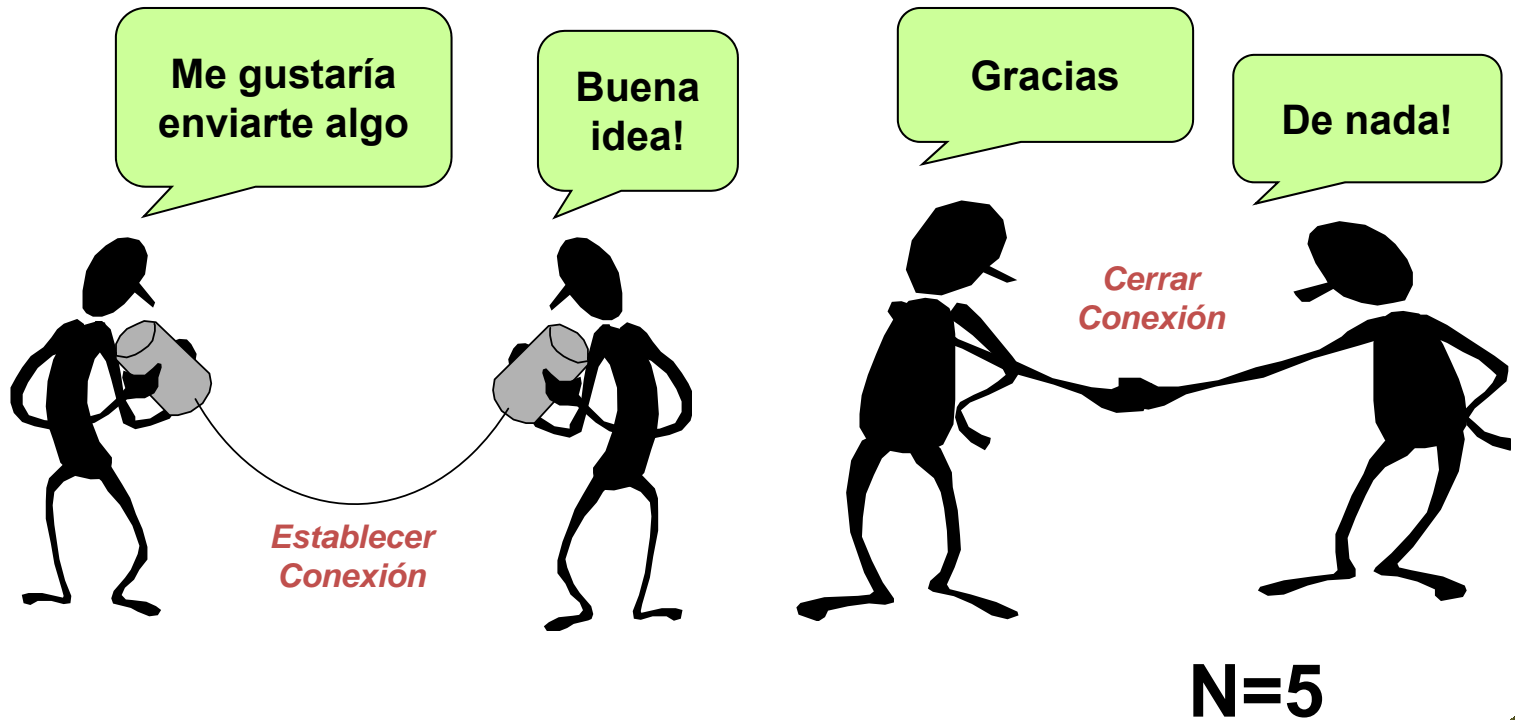
Redes de Computadores I - Normalización

14



Capa de Sesión

Sincroniza el intercambio de datos entre capas inferiores y superiores



Redes de Computadores I - Normalización

15



Capa de Presentación

Convierte los datos de la red al formato requerido por la aplicación

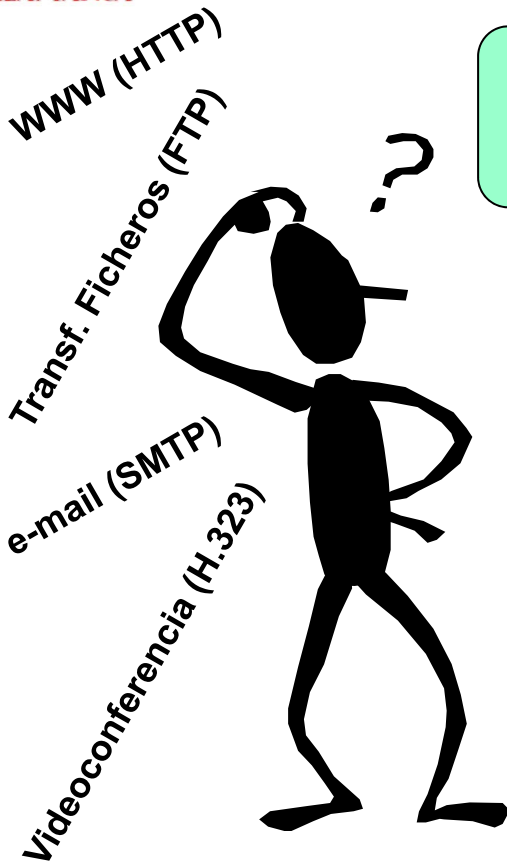


Redes de Computadores I - Normalización

16



Capa de Aplicación



¿Que debo enviar?

- Es la interfaz que ve el usuario final
- Muestra la información recibida
- En ella residen las aplicaciones
- Envía los datos de usuario a la aplicación de destino usando los servicios de las capas inferiores

N=7

Redes de Computadores I - Normalización

Los niveles OSI I

- **Nivel Físico:** Se ocupa de la transmisión de bits a lo largo del canal de comunicación. Se definen las siguientes características
 - Mecánicas. Tipo y forma de los conectores, así como el número de pines que contiene
 - Eléctricas . Parámetros eléctricos de las señales intercambiadas, así como de los generadores y receptores (voltajes, impedancias, capacidad, etc.)
 - Funcionales . Función de cada uno de los circuitos de intercambio
 - Procedimiento. Forma de utilizar los circuitos de intercambio para permitir la transmisión de bits entre los niveles superiores
- **Nivel de Enlace**
 - Sincronización y entramado
 - Control de errores
 - Control de flujo
 - Arbitrar el acceso al enlace cuando lo comparten varios sistemas





Los niveles OSI II

- **Nivel de red**
 - Encamina los paquetes de origen a destino
 - Control de la congestión
 - Resolver problemas de interconexión de redes heterogéneas
- **Nivel de transporte**
 - Ofrecer un sistema de transferencia de datos fiable y homogéneo entre dos procesos en máquina remotas, de forma independiente de la tecnología de la subred subyacente
- **Nivel de sesión**
 - Gestión y control del dialogo
 - Sincronización. Insertar puntos de sincronización para poder retransmitir desde esos puntos y no la transmisión entera.
 - Gestión de Actividad



Los niveles OSI III

- **Nivel de Presentación**
 - Sintaxis y semántica de la información
 - Ofrece la posibilidad de intercambiar por la red estructuras complejas de datos, conservando su significado aunque varíe su representación interna
 - Compresión
 - Seguridad, cifrado de datos
- **Nivel de Aplicación**
 - Resuelve ya problemas directos del usuario con la red
 - Por ejemplo: Terminal virtual, transferencia de ficheros, correo electrónico, servicio de directorios, etc.

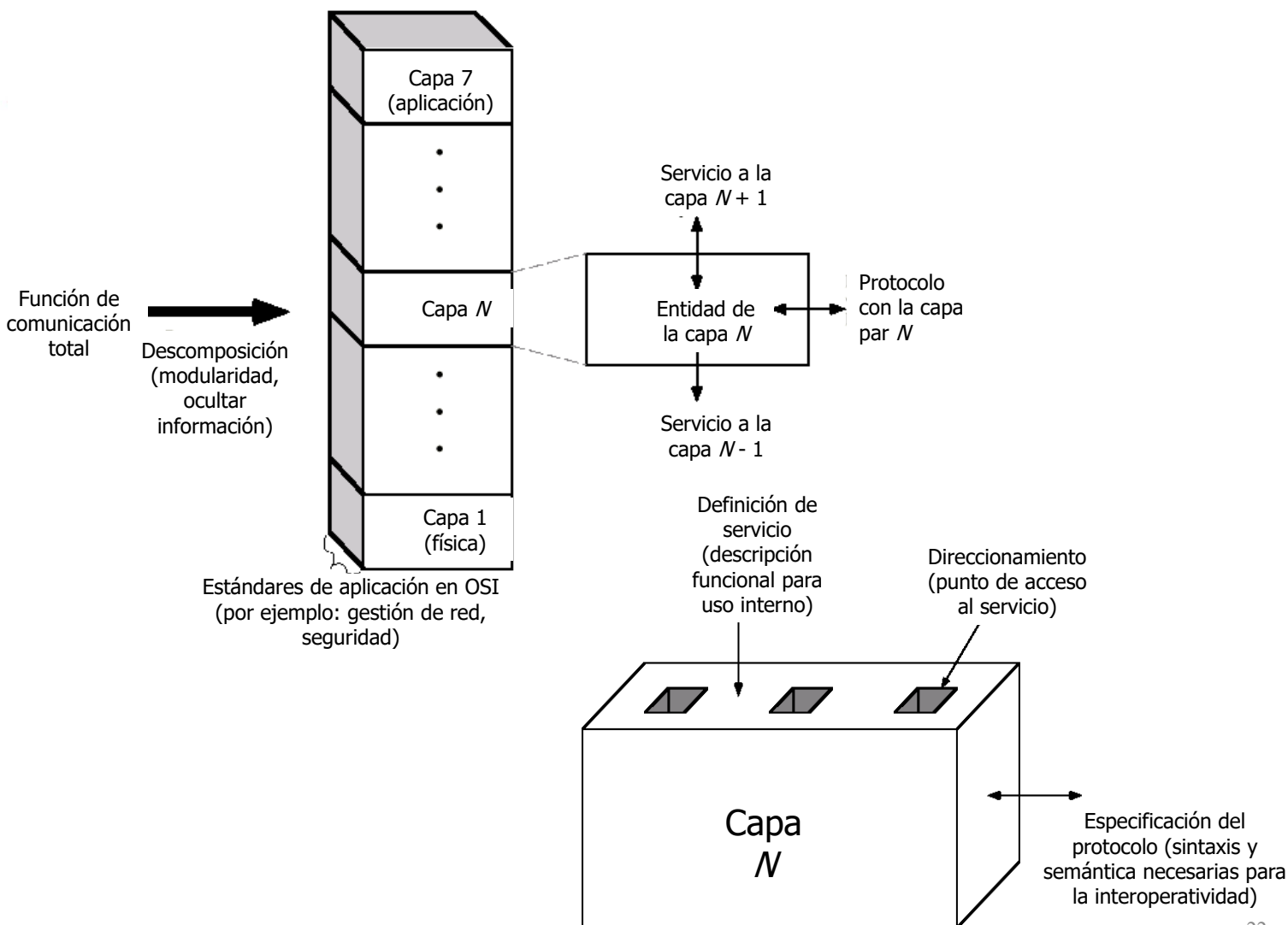


Terminología OSI I

- **Entidades:** Elementos activos en cada nivel
 - Puede ser Software, Hardware o ambas
 - Entidades de igual nivel pero en distintas máquinas, las llamaremos Entidades Parejas
- **Servicio:** Conjunto de primitivas (operaciones) que un nivel proporciona al nivel que tiene encima
 - El servicio define que operaciones puede ejecutar el nivel, pero no dice nada a cerca de como están implementadas esas operaciones
 - Las entidades de Nivel N, implementan un servicio usado por el nivel N+1. En este caso el nivel N es el "**Proveedor de Servicio**" y el nivel N+1 es el "**Usuario del Servicio**"
- **Tipos de servicios:**
 - Servicios con confirmación
 - Servicios sin confirmación
 - Servicios indicados por el proveedor

Redes de Computadores I - Normalización

21



22



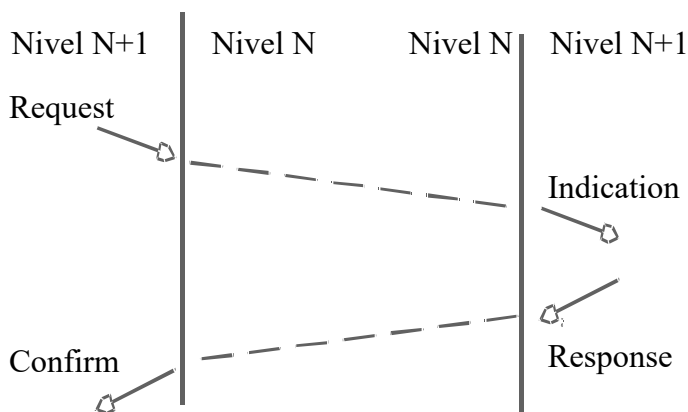
Terminología OSI II

- El nivel N+1 accede a los servicios del nivel N a través de los **puntos de acceso al servicio** del nivel N (*SAP Service Access Point*)



Terminología OSI III

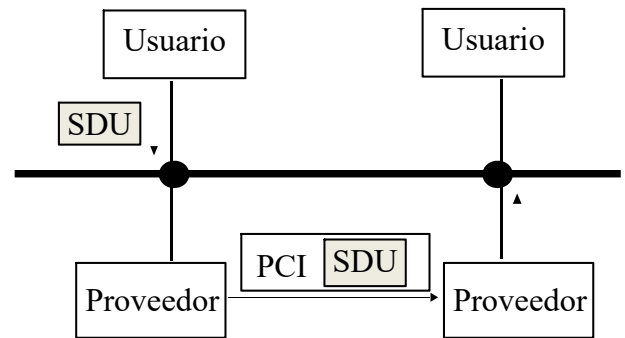
- Primitivas**
 - Las primitivas son funciones elementales que se utilizan por las entidades para facilitar y prestar sus servicios entre la capa N+1 (usuaria del servicio) y la capa N (proveedora del servicio)
 - Un servicio se especifica formalmente por un conjunto de PRIMITIVAS (operaciones elementales), disponibles para los usuarios u otras entidades que acceden al servicio
 - En el modelo OSI, las primitivas se pueden dividir en cuatro clases:
 - REQUEST
 - INDICATION
 - RESPONSE
 - CONFIRM



Terminología OSI IV

- **Parámetros:** Cada primitiva tiene una serie de parámetros que aportan información complementaria para la operación solicitada
- Intercambio de información entre dos niveles parejos
 - SDU (Unidad de datos del servicio)
 - Bloque de datos que desea enviar al otro extremo o se recibe de éste
 - Dos entidades de niveles adyacentes se intercambian SDUs.
 - PCI (*Protocol Control Information*)
 - Información de control relacionada sólo con el protocolo
 - El nivel N envía esa información al otro a través de una o varias Unidades de Datos del Protocolo (PDU = *Protocol Data Unit*)

Nivel N+1



Nivel N

Redes de Computadores I - Normalización

25



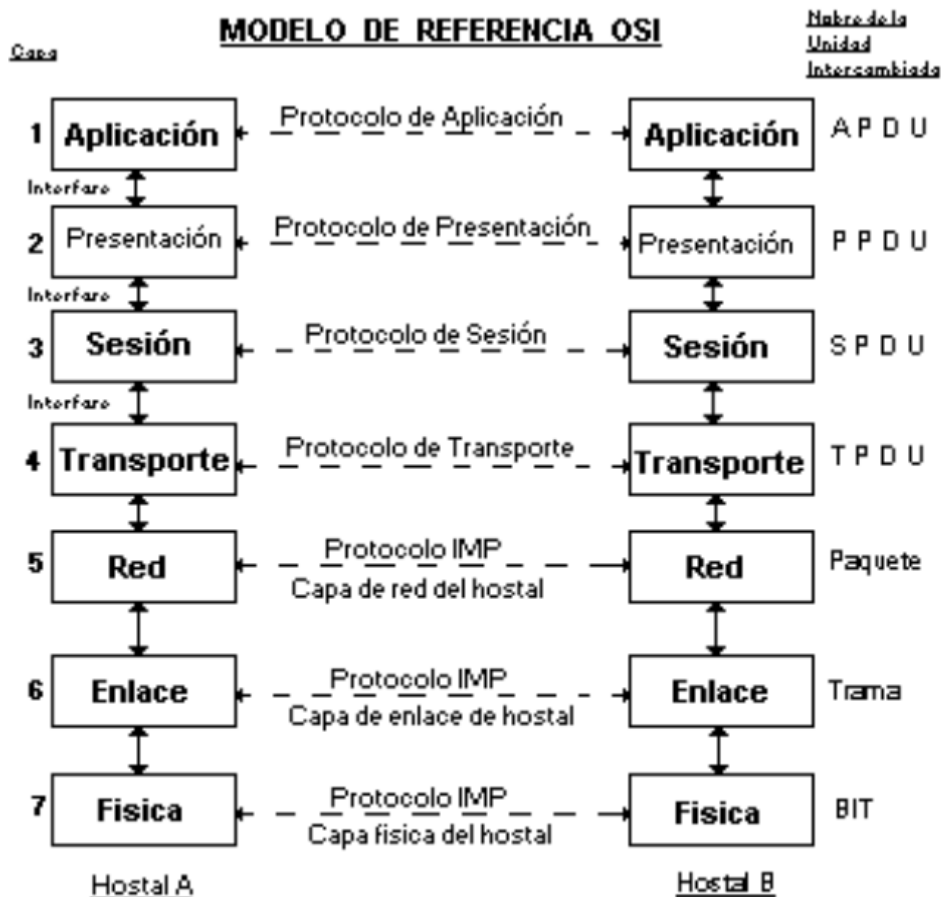
Terminología OSI V

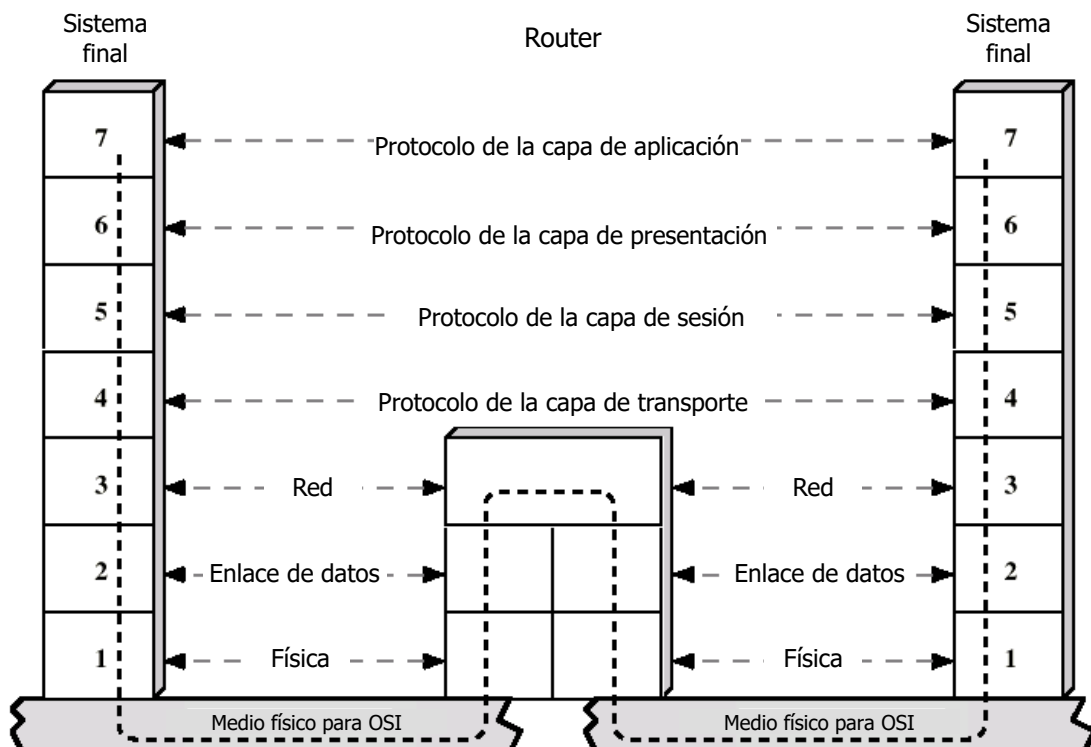
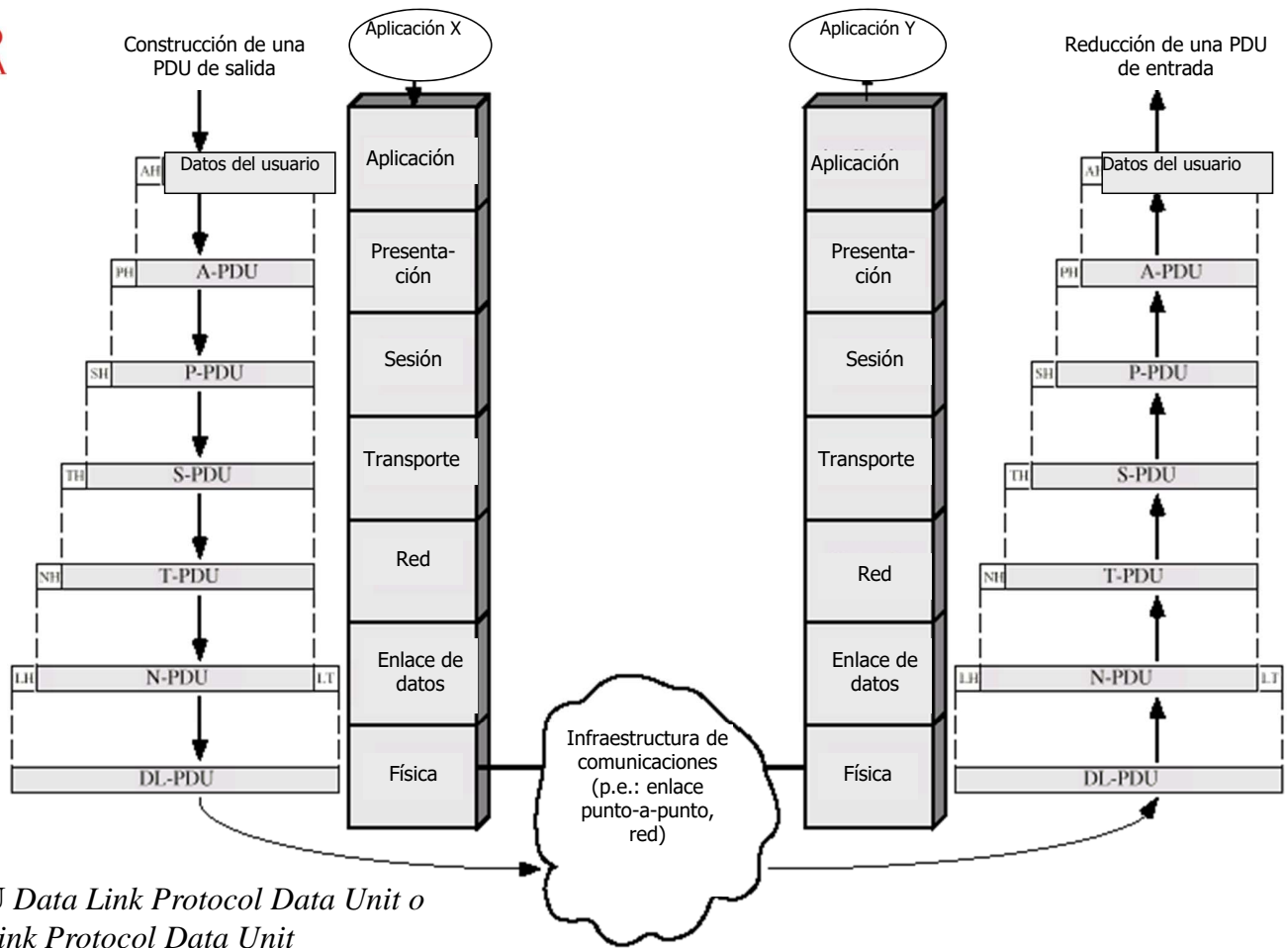
- **Modos fundamentales de operación:**
 - Con conexión El camino lógico es una conexión que se establece y libera
 - Ej: llamada telefónica
 - Sin conexión El camino lógico es desconocido. Cada dato a transmitir se identifica con la información de destino
 - Ej.: correo postal
- **Protocolo**
 - Un **protocolo**, es un conjunto de reglas que gobiernan el formato y el significado de las tramas (Nivel 2), paquetes (Nivel 3) o unidades de datos, que dentro de un nivel, se intercambian dos entidades parejas. Las entidades usan los protocolos para ofrecer a sus usuarios (entidades del nivel N+1) el servicio del nivel N
 - Podrían cambiar los protocolos y sin embargo los servicios no cambiarían de cara a los usuarios de ese servicio



Elementos de la normalización

- Definición del servicio:
 - Descripción funcional que define qué servicios se están proporcionando
- Especificación del protocolo:
 - Dos entidades en la misma capa en sistemas diferentes cooperan e interactúan por medio del protocolo
 - Pueden estar implicados sistemas operativos diferentes
 - El protocolo se debe especificar con precisión:
 - Dar formato a la Unidad de Datos del Protocolo (PDU)
 - Semántica de todos los campos
 - Secuencia permitida de PDU
- Direccionamiento:
 - Las entidades se identifican mediante un punto de acceso al servicio (SAP)







Resumen de normas OSI

Aplicación	Lenguajes de comandos / Intercambio de datos en negocios / Gestión de sistemas y redes Sistema de tratamiento de mensajes / Transferencia de ficheros / Terminal Virtual / Bases de datos distribuidas Protocolo común de servicio de aplicación
Presentación	Protocolo común de presentación Sintaxis definida por el usuario / Sintaxis de mensajes CCITT / Sintaxis Videotex Encriptación
Sesión	X.215 - ISO 8326 X.225 - ISO 8327
Transporte	X.214 - ISO 8072 X.224 - ISO 8073
Red	X.25 - ISO 8473 X.21, Q.930
Enlace	HDLC / LAPD / LAPB / MAC / LLC
Físico	RS-232-C (V.24) / I.430-431 / X.24-X21 / RS-449 CSMA/CD TOKEN BUS TOKEN RING



Resumen de protocolos OSI

OSI reference model	OSI protocol suite
Application	CMIP DS FTAM MHS VTP ASES ACSE ROSE RTSE CCRSE ...
Presentation	Presentation service/presentation protocol
Session	Session service/session protocol
Transport	TPO TP1 TP2 TP3 TP4
Network	CONP/CMNS CLNP/CLNS IS-IS ES-IS
Data link	IEEE 802.2 IEEE 802.3 IEEE 802.5/Token Ring FDDI X.25
Physical	IEEE 802.3 hardware Token Ring hardware FDDI hardware X.25 hardware





Arquitectura de Internet I

- Los protocolos TCP/IP nacieron por la necesidad de interoperar redes diversas (*internetworking*)
- El modelo TCP/IP se diseñó después de los protocolos (puede decirse que primero se hizo el traje y después los patrones)
- Por eso a diferencia del OSI en el modelo TCP/IP hay unos protocolos 'predefinidos'



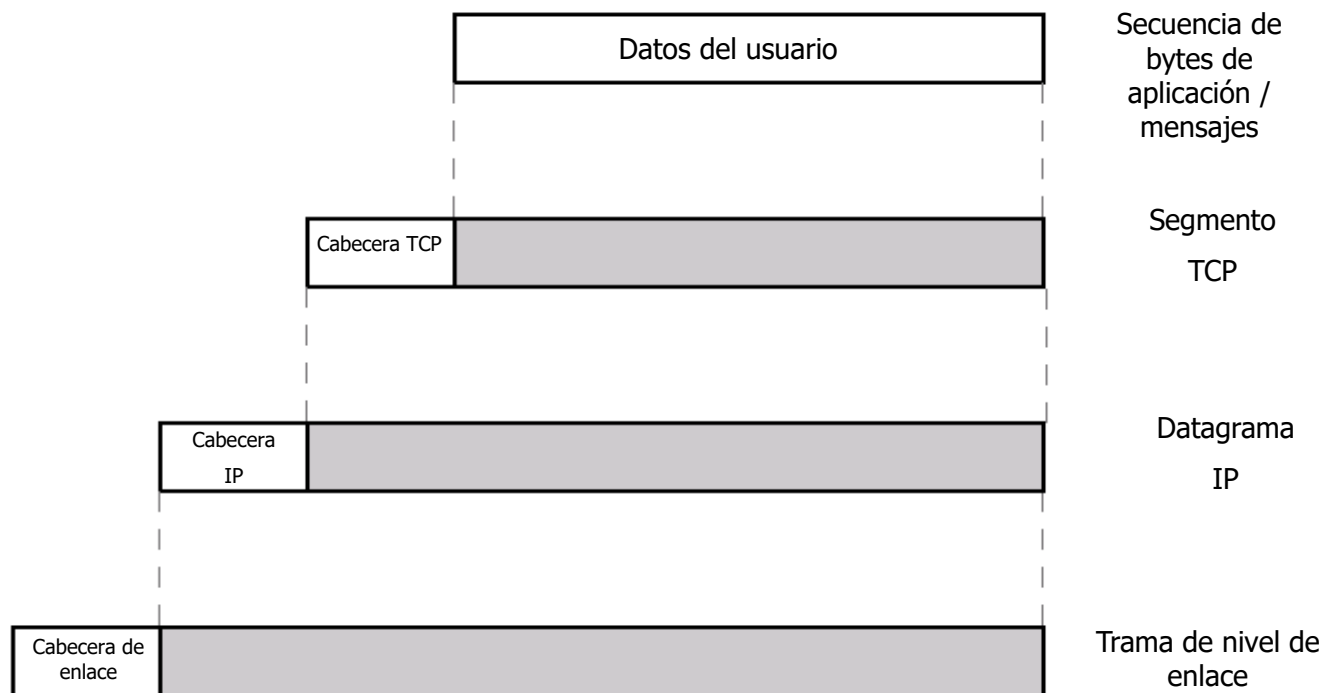
Arquitectura de Internet II

- **Niveles**
 - **Aplicación**
 - El programa de aplicación elige la forma de sus mensajes que envía el nivel de transporte para su reparto
 - **Transporte**
 - Divide los mensajes en paquetes y los transmite
 - Regula el flujo de información (end-to-end)
 - Asegura que los datos lleguen sin error y en secuencia
 - Añade información adicional para identificar a que aplicación pertenecen los mensajes
 - **Red**
 - Crea, descifra y encamina los datagramas IP
 - **Interfaz de red**
 - Responsable de aceptar datagramas IP y transmitirlos a una red determinada





Unidades de datos de protocolo en la arquitectura de Internet

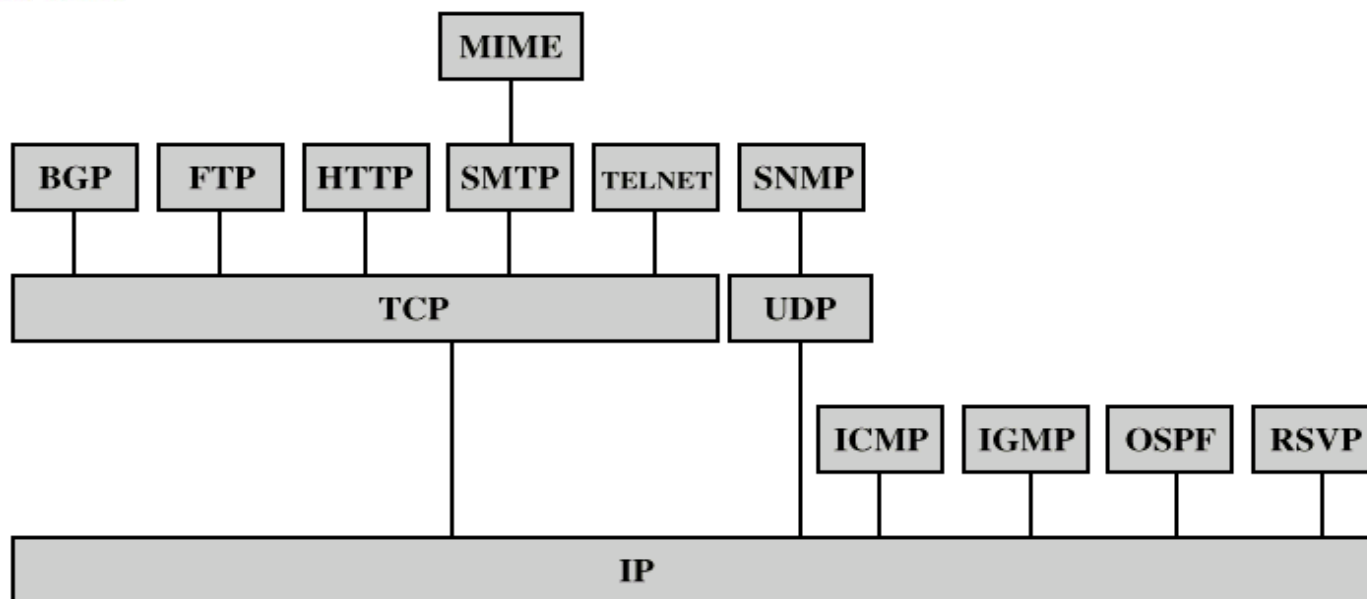


Arquitectura de Internet III

MODELO OSI	MODELO INTERNET	PROTOCOLOS USADOS EN INTERNET					
7 Aplicación	Aplicación	TELNET (acceso)	FTP (ficheros)	SMTP (correo)	DNS (identificación)	NTP (noticias)	NFS (ficheros)
6 Presentación							
5 Sesión							
4 Transporte	Transporte	TCP			UDP		
3 Red		Interred	IP				
2 Enlace	Enlace		ETHERNET	ISO 8802-2		X25 ISO 7776 X25 LAPB	SLIP
		ISO 8802-3 IEEE 802.3		ISO 8802-5 IEEE 802.5			
				(CSMA/CD)		(Token)	(HDLC)
1 Físico	Físico	VARIOS					



Algunos protocolos en la familia de protocolos TCP/IP



BGP = Protocolo de pasarela frontera

FTP = Protocolo de transferencia de ficheros

HTTP = Protocolo de transferencia de hipertextos

ICMP = Protocolo de mensajes de control de Internet

IP = Protocolo Internet

MIME = Extensiones multipropósito de correo electrónico en Internet

OSPF = Protocolo abierto del primer camino más corto

RSVP = Protocolo de reserva de recursos

SMTP = Protocolo sencillo de transferencia de correo electrónico

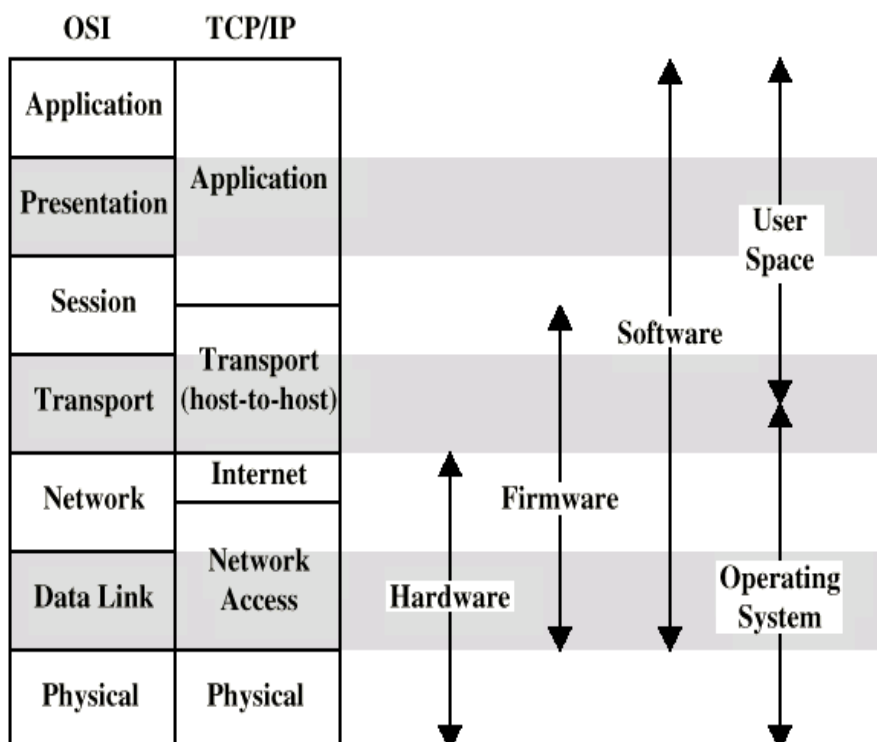
SNMP = Protocolo sencillo de gestión de redes

TCP = Protocolo de control de transmisión

UDP = Protocolo de datagramas de usuario



Comparación entre las arquitecturas de Internet y OSI



Comparación OSI-TCP/IP

- En OSI primero fue el modelo, después los protocolos; en TCP/IP primero fueron los protocolos, luego el modelo
- En OSI el modelo es bueno, los protocolos malos; en TCP/IP ocurre al revés
- En OSI los productos llegaban tarde, eran caros y tenían muchos fallos
- En TCP/IP los productos aparecían rápido, estaban muy probados (pues los usaba mucha gente), y a menudo eran gratis
- Nosotros seguiremos el modelo OSI (modificado) pero veremos los protocolos TCP/IP

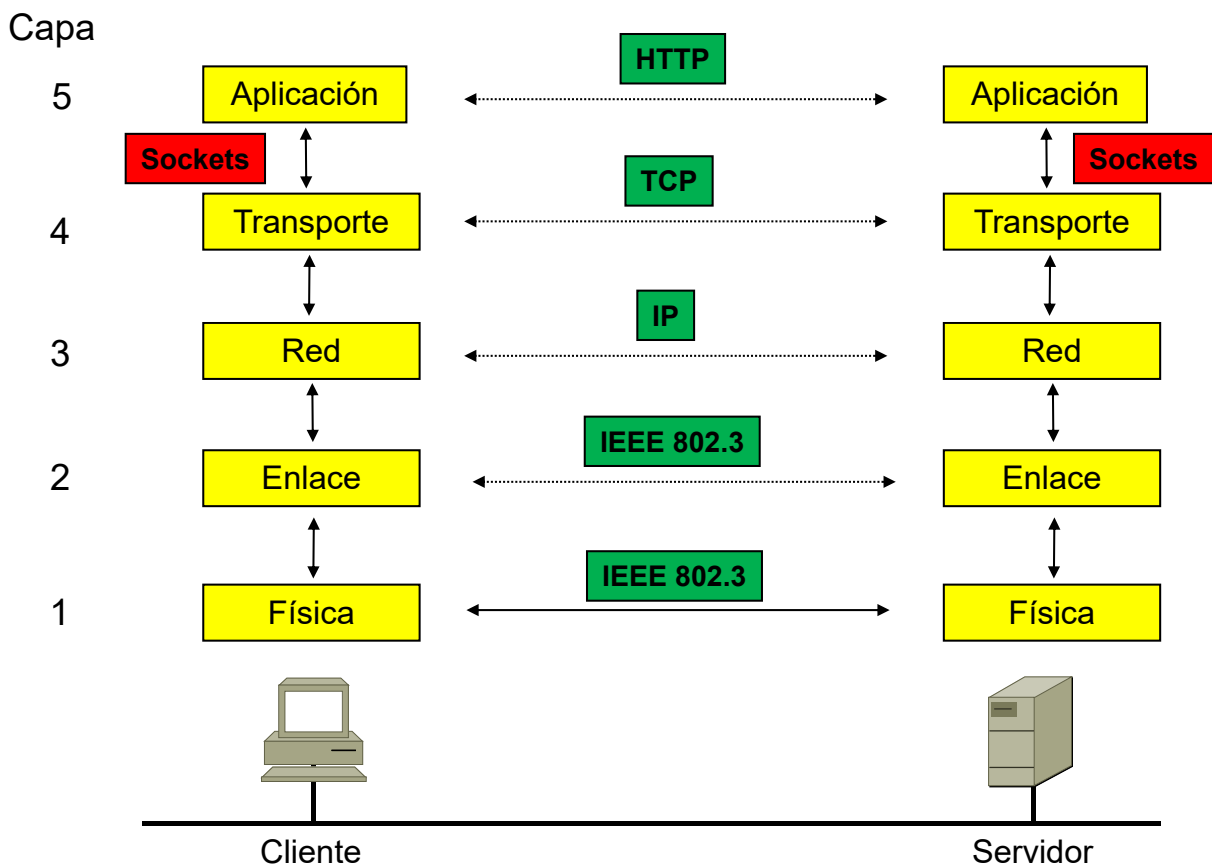


Comparación OSI-TCP/IP

- El modelo que utilizaremos es el siguiente:
 - **5:** Capa de aplicación (incluye sesión y presentación)
 - **4:** Capa de transporte
 - **3:** Capa de red
 - **2:** Capa de enlace
 - **2.2:** Subcapa LLC (Logical Link Control)
 - **2.1:** Subcapa MAC (Media Access Control)
 - **1:** Capa física



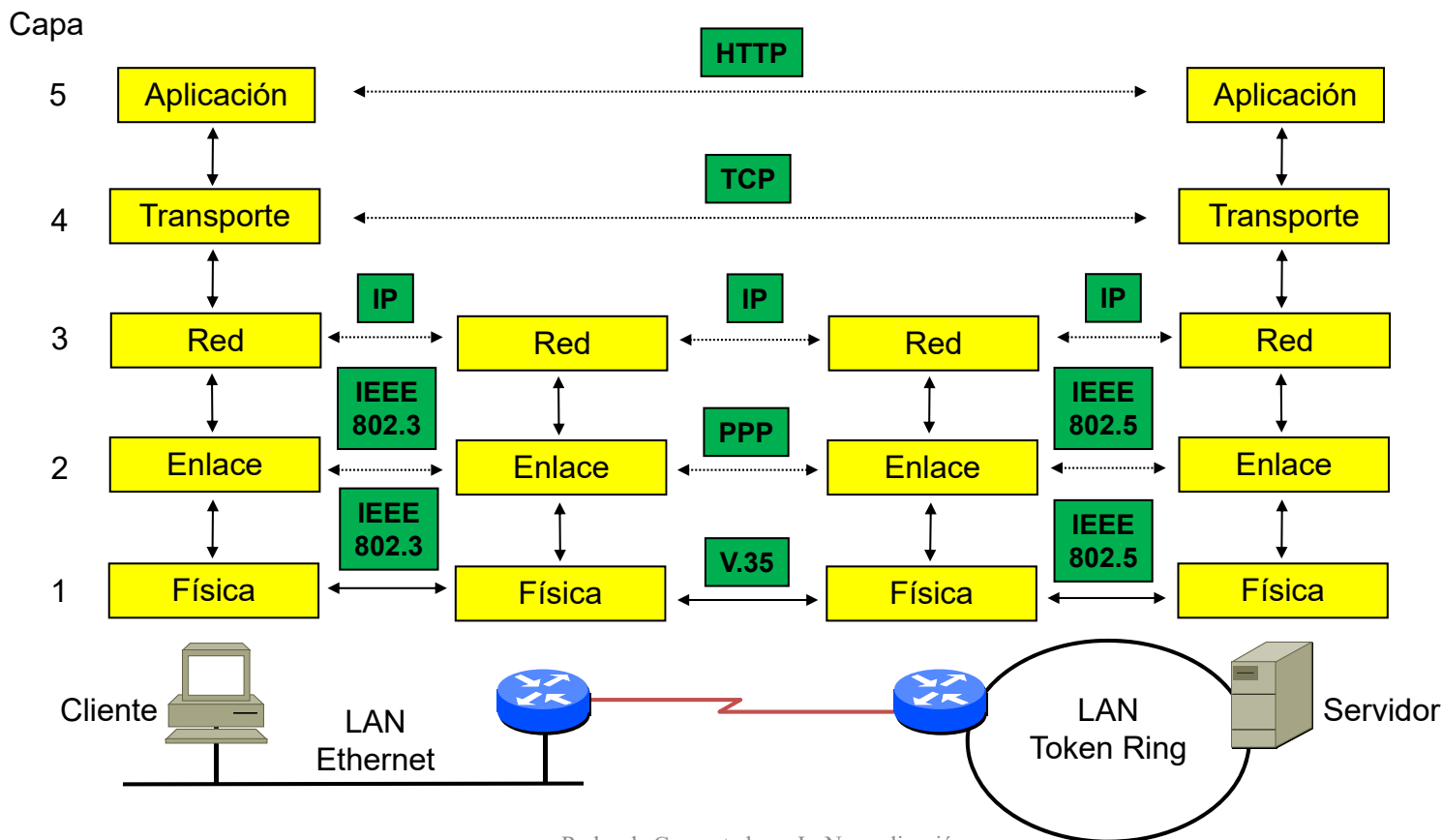
Acceso a un servidor Web desde un cliente en una LAN Ethernet



Redes de Computadores I - Normalización

41

Acceso a un servidor Web a través de una conexión remota



Redes de Computadores I - Normalización

42