



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

**Licenciatura en Ciencias de la
Computación**

Redes de Computadoras

Unidad 1

Introducción a las redes de computadoras



Temario

- ➔ ● **Introducción a las redes de computadoras**
 - **Clasificación según tecnología de transmisión, escala y sentido de la comunicación**
 - **Topologías de red**
- **Jerarquía de protocolos (modelo en capas)**
- **Arquitectura actual de Internet**

Red de computadoras: definiciones:

- Definición de Tanenbaum: **Conjunto de computadoras** autónomas **interconectadas mediante una sola tecnología** (diferencia una red de una red de redes).
 - Interconectadas: Pueden comunicarse (intercambiar datos, ejecutar comandos remotos, ejecutar aplicaciones distribuidas, acceder a servicios, etc).
 - Medios de interconexión:
 - Cable de cobre
 - Par trenzado
 - Coaxial
 - Fibra óptica
 - Inalámbrico
 - Microondas
 - Infrarrojos
 - Satélites.

Aplicaciones de las redes de computadoras:

- Compartir recursos (impresoras, almacenamiento compartido, cluster de HPC, punto de acceso a Internet, etc.)
- Compartir información.
- Comunicación entre personas.
- Implementar o hacer uso de aplicaciones o sistemas distribuidos ¹.
- Acceder a servicios (páginas web, aplicaciones web, etc.).
- Entretenimiento.
- Computación ubicua (computación en cualquier lugar y cualquier momento).
- Computación móvil.
- Transmisión de voz y video.

¹ sistema distribuido: “conjunto de computadoras (hardware + software) independientes aparece frente a sus usuarios como un solo sistema coherente” (Tanenbaum). Red de computadoras + software.

Clasificación de las redes.

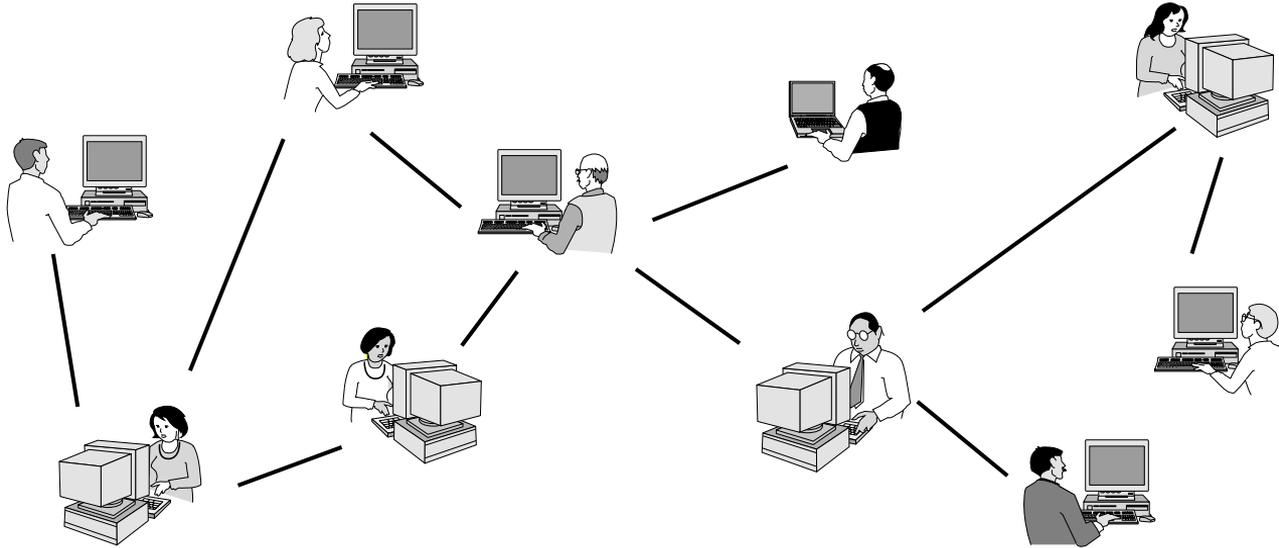
Existen muchas clasificaciones, veremos tres:

- Según tecnología de transmisión (punto a punto o por difusión).
- Según escala (tamaño).
- Según sentido de la comunicación

Clasificación de las redes según **tecnología de transición**:

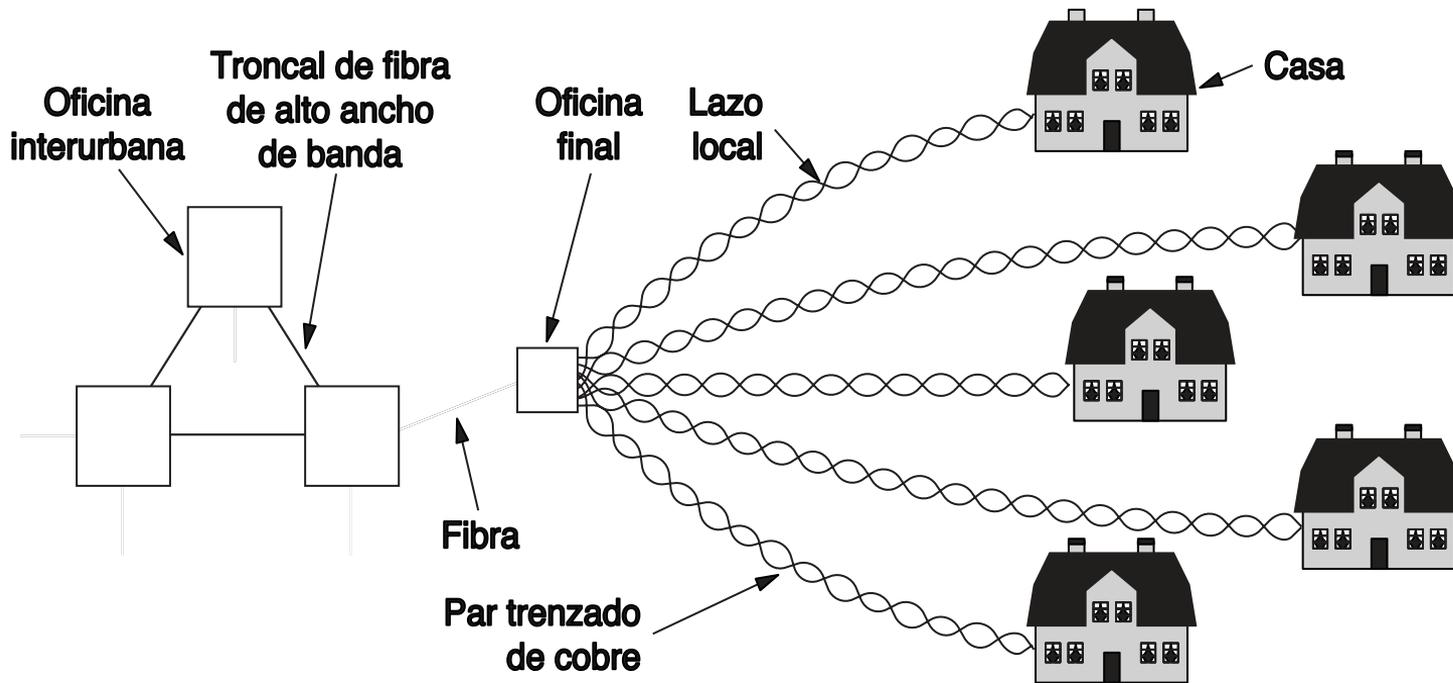
- Punto a punto
 - Formadas por enlaces que conectan pares individuales de máquinas.
- Difusión
 - Formadas por máquinas que **comparten el canal de comunicación**.
 - Una máquina envía y **todas o varias reciben**.
 - Se necesita un **esquema de direccionamiento** para que cada máquina verifique si el mensaje está destinado a ella o no.
 - Llamadas también de acceso aleatorio.

Ejemplo red con tecnología de transmisión punto a punto.



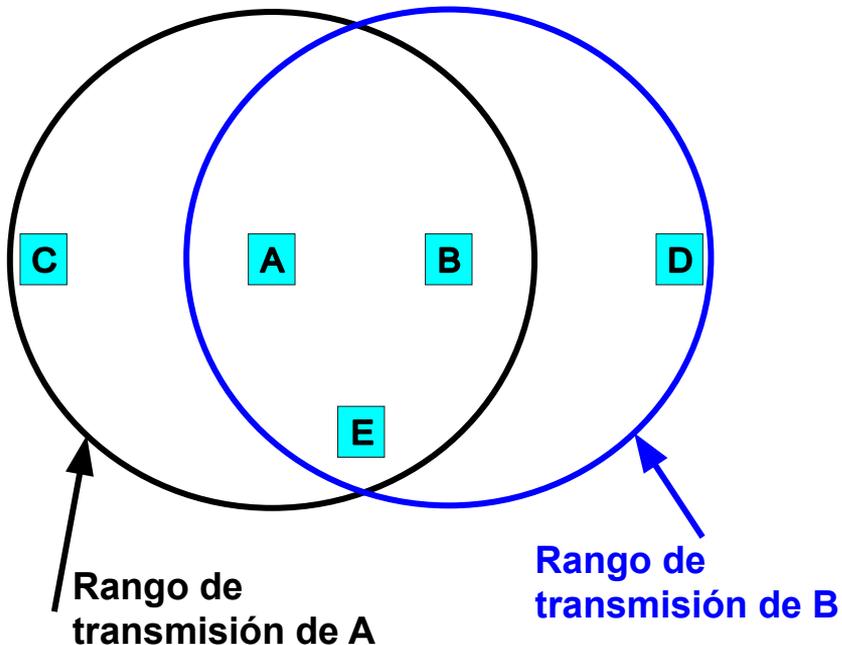


Ejemplo red con tecnología de transmisión punto a punto: ADSL

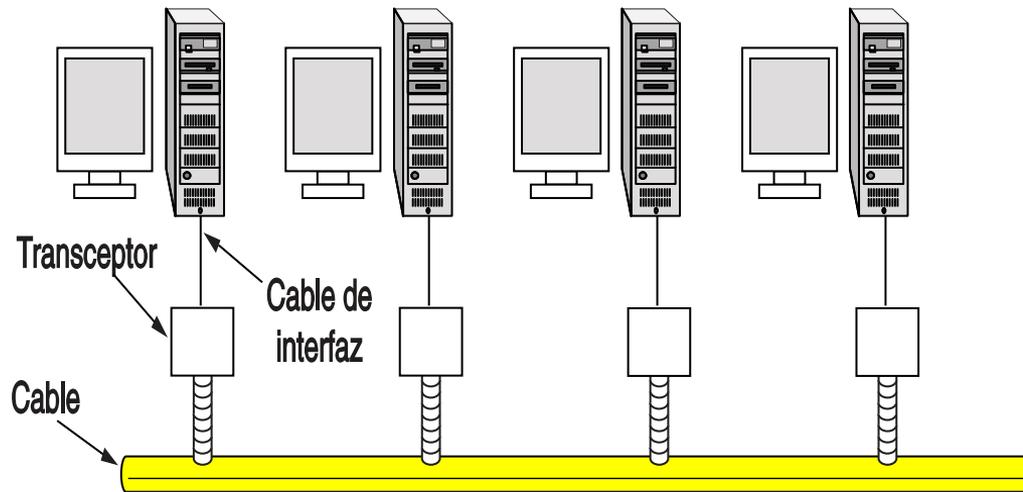


Ejemplos red con tecnología de transmisión por difusión

Red inalámbrica



Red Ethernet clásica

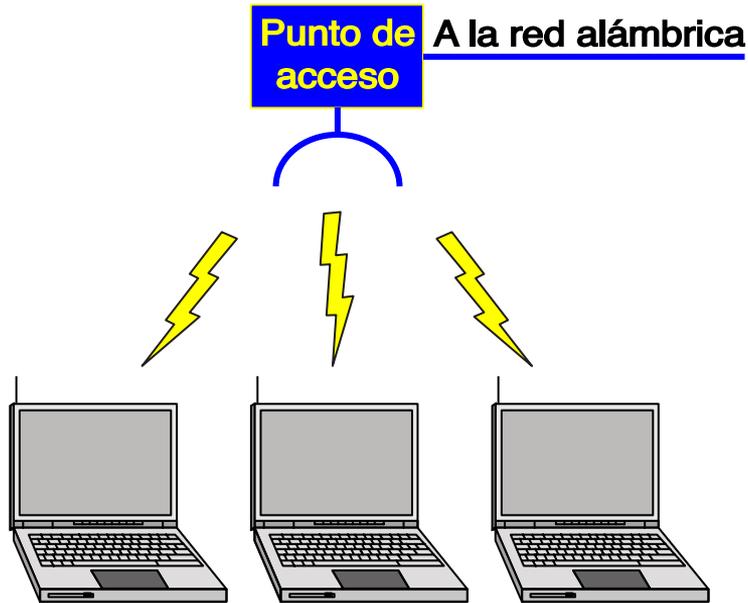


Clasificación de las redes según la Escala

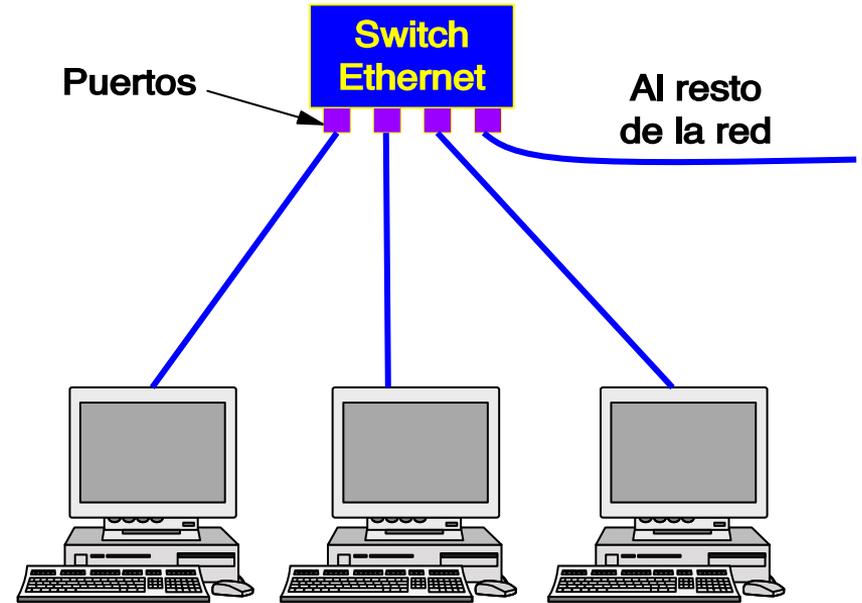
Tipo de red	Distancia	Ejemplo de uso	Ejemplo Red
Redes de área personal (PAN)	1 m	Metro cuadrado	Bluetooth, RFID, NFC
Redes de área Local (LAN)	10 m - 1 Km	Cuarto, edificio, campus.	Ethernet, WiFi
Redes de área Metropolitana (MAN)	10 Km	Ciudad	Internet por cable coaxial, WiMAX, LTE.
Redes de área Amplia (WAN)	100 km - ∞	País, continente, planeta	Sonet, Internet ¹

¹ Algunos autores consideran Internet como otro tipo de red, cuya distancia es todo el planeta

Ejemplos redes LAN



WiFi



LAN conmutadas o "switcheadas"



Ejemplo red WAN: ISPs

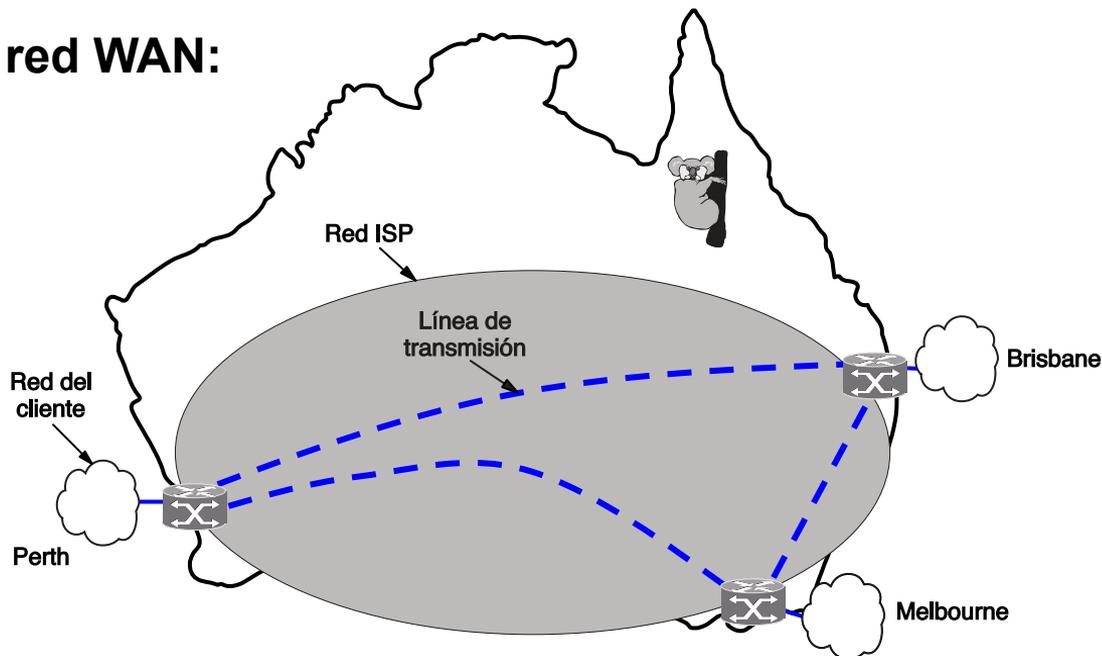


Figura obtenida de
Tanenbaum, D. Wetherall,
"Redes de Computadoras",
7th Edition, pag. 24

- ISP: Formadas por una subred de gran tamaño que conecta las redes LAN de los clientes.
- Conectada con otras redes para permitir el acceso a Internet.
- Usualmente cobran una tarifa a sus clientes por el servicio.



Ejemplo red WAN: Red de CABASE (Cámara Argentina de Internet)

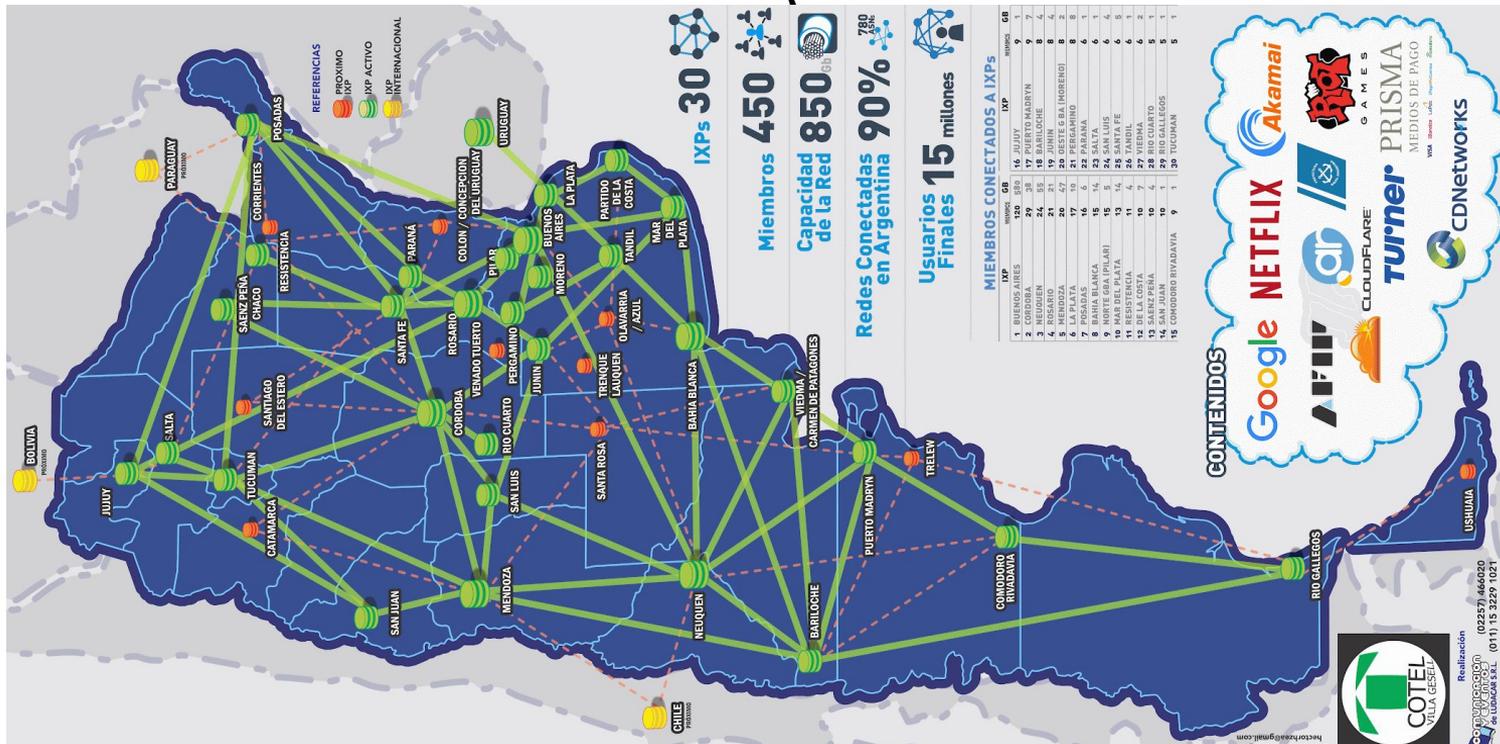


Figura obtenida de <https://www.cabase.org.ar/>

Actualmente se distingue solo entre redes LAN y WAN (MAN, WAN e Internet).
Diferencias entre una red LAN y una red WAN:

- **LAN**: formadas por computadoras de los usuarios finales y redes a través de las cuales los usuarios comparten recursos (impresoras, servicios internos, elementos de seguridad, punto de acceso a una red WAN, etc).
- **WAN**: Formada por enrutadores y líneas de transmisión (subred) que conectan computadoras o (usualmente) redes LAN.
 - Ejemplos; ISP (proveedores de servicios de Internet).
- La subred WAN y las computadoras o redes LAN usualmente pertenecen a **distintas personas**.
- Los **enrutadores** conectan diferentes redes (pudiendo ser de igual o diferente tecnología).



El término subred será empleado con otro significado cuando se vea el tema de direcciones IP.

Clasificación de las redes.

Clasificación según sentido de comunicación:

- Simplex: Se puede transmitir en un solo sentido
- Half-duplex: Se puede transmitir en ambos sentidos, pero no al mismo tiempo.
- Full-duplex: Se puede transmitir en ambos sentidos de manera simultánea.

interred

- interredes (internet): **Colección de redes** (pueden ser diferentes e incluso incompatibles) **interconectadas**.
 - Ejemplo: en general las redes WAN son interredes.
- **Puerta de Enlace (Gateway)**: máquina que conecta dos o más redes **diferentes** y realiza la “traducción” necesaria.
 - Puede actuar en distintas capas del protocolo (usualmente la capa de red).



No confundir internet con Internet.

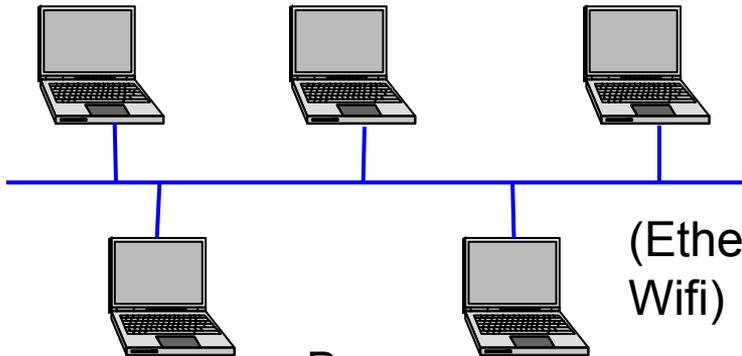
Topologías de red

Diagrama (o mapa) físico o lógico de una red



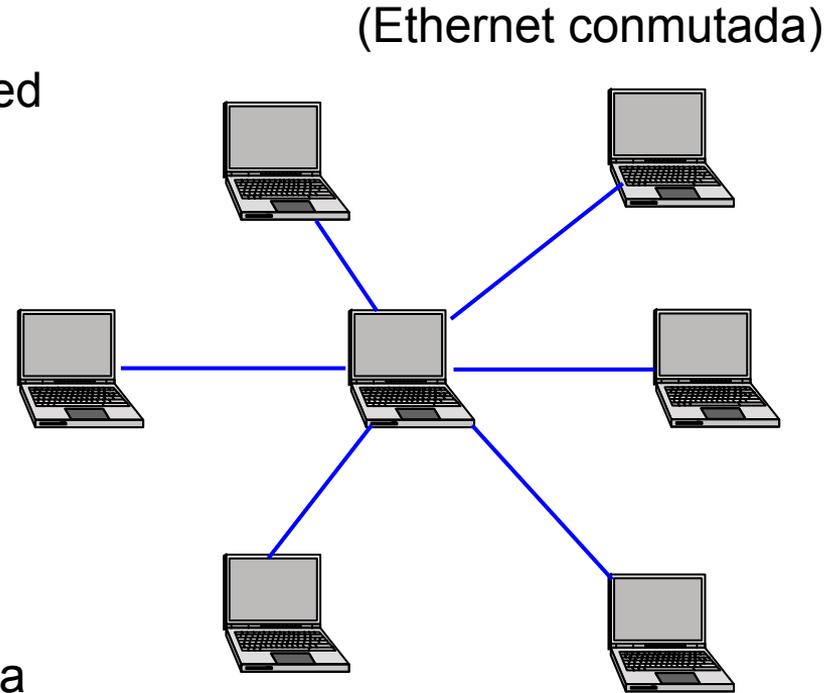
Punto a punto

(ADSL
TCP)



Bus

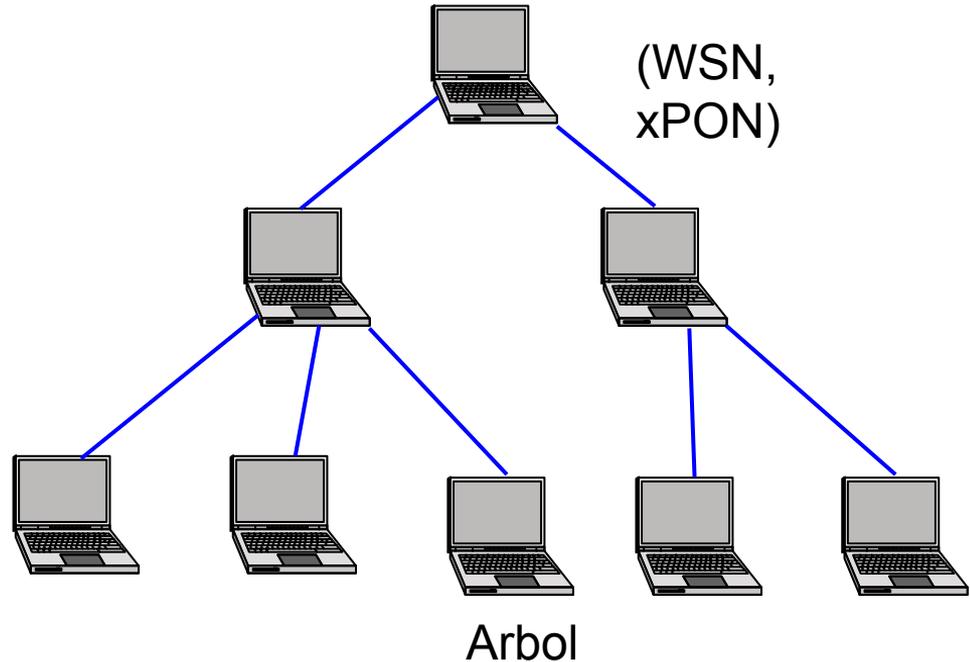
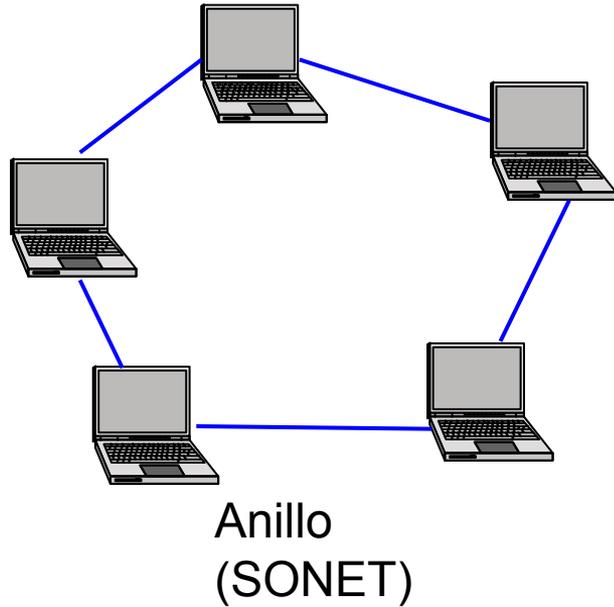
(Ethernet clásica
Wifi)



Punto a multi-punto o
Estrella

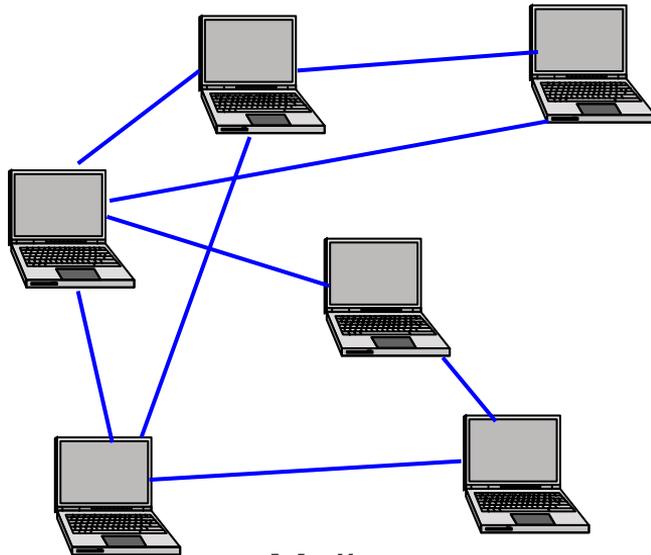
Topologías de red

Diagrama (o mapa) físico o lógico de una red

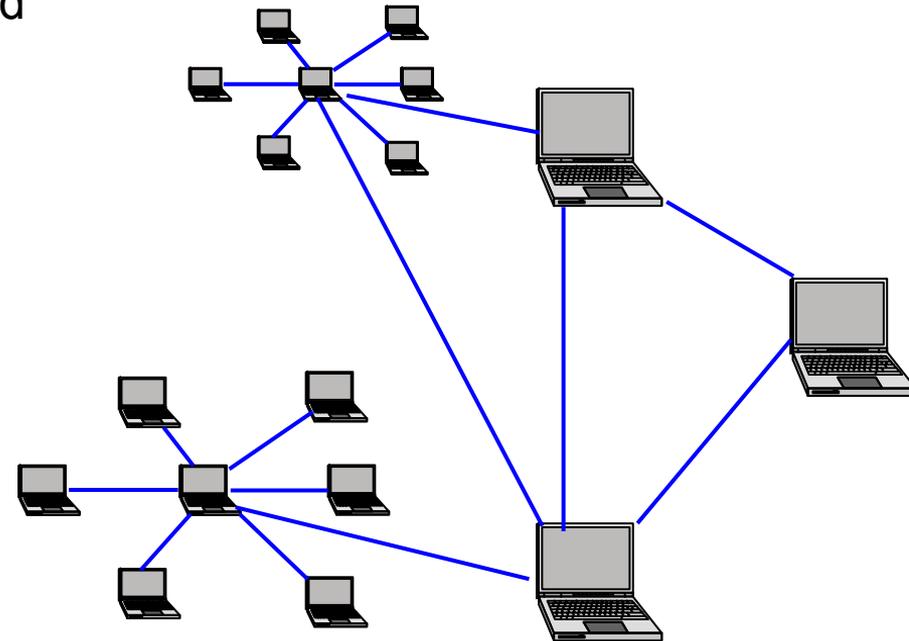


Topologías de red

Diagrama (o mapa) físico o lógico de una red



Malla
(WNS, WAN)



Híbrida



Conmutación por circuitos

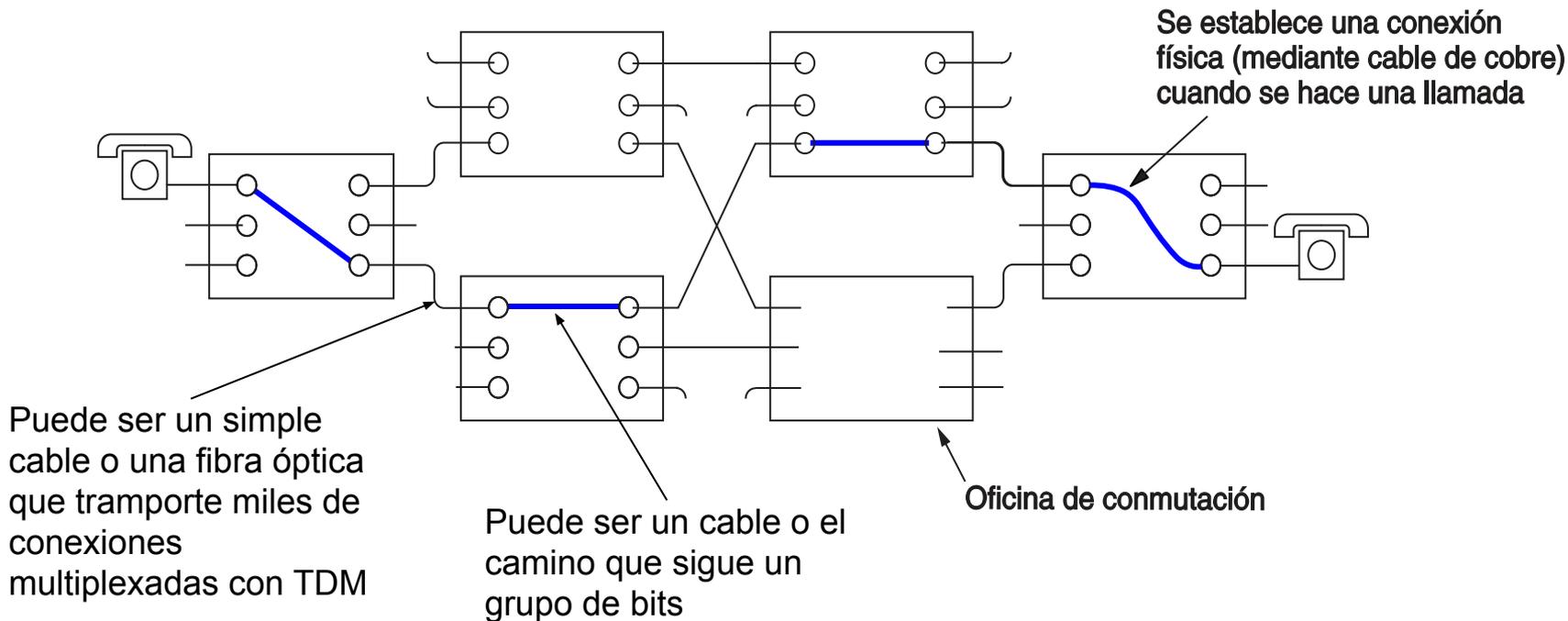
- Previo al envío de datos, se establece un **circuito físico o lógico** entre el destino y el origen. Esto implica una “negociación” en cada conmutador.
 - Formados por varios enlaces entre conmutadores
- Los conmutadores conectan (física o virtualmente) las entradas con las salidas adecuadas para formar el circuito.
 - Conexión virtual: TDM, FDM, etc.
- Los datos siguen siempre el mismo circuito mientras el conmutador no cambie su configuración.

Conmutación por paquetes

- Los datos se dividen en “paquetes”, y cada paquete se transporta (rutea) por separado a través de la red.
- Los paquetes deben poseer información sobre el destino, para que cada conmutador decida por cuál salida enviarlo.

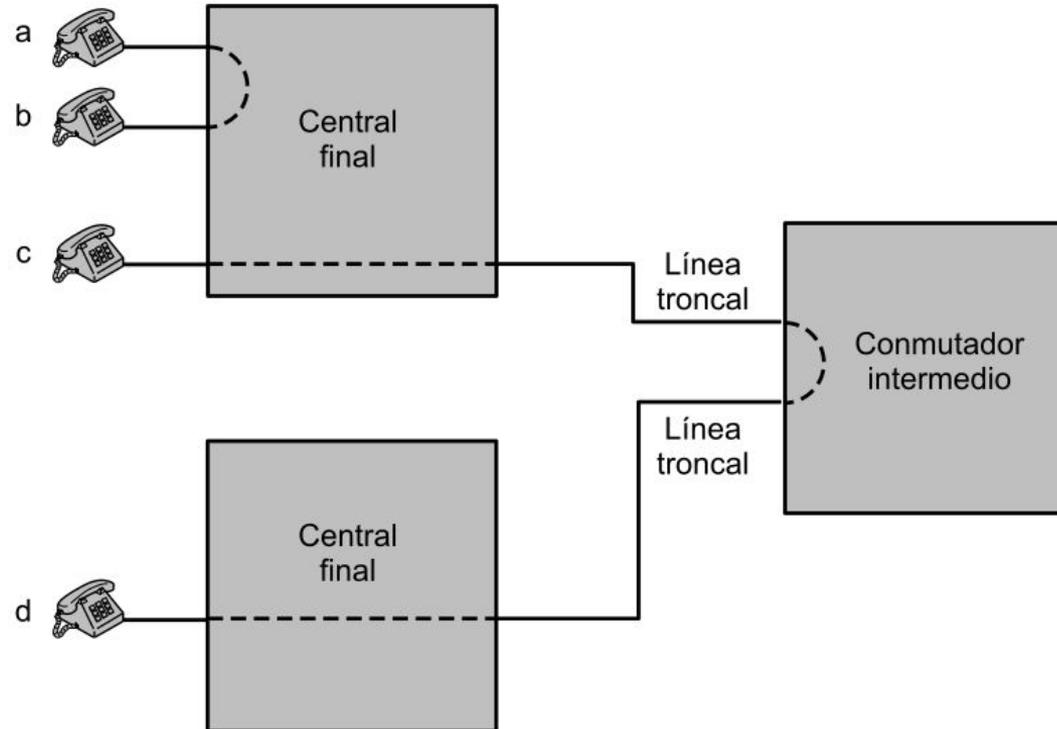


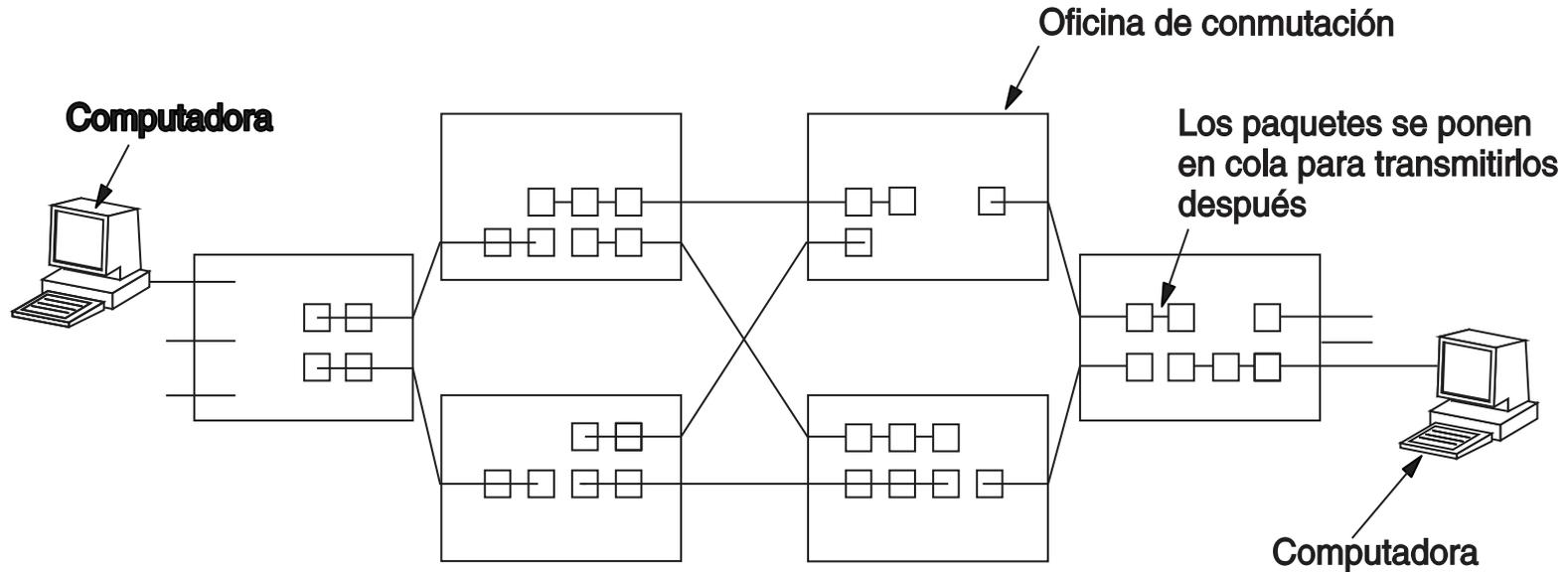
Conmutación por circuitos y conmutación por paquetes





Conmutación por circuitos: sistemas jerárquicos

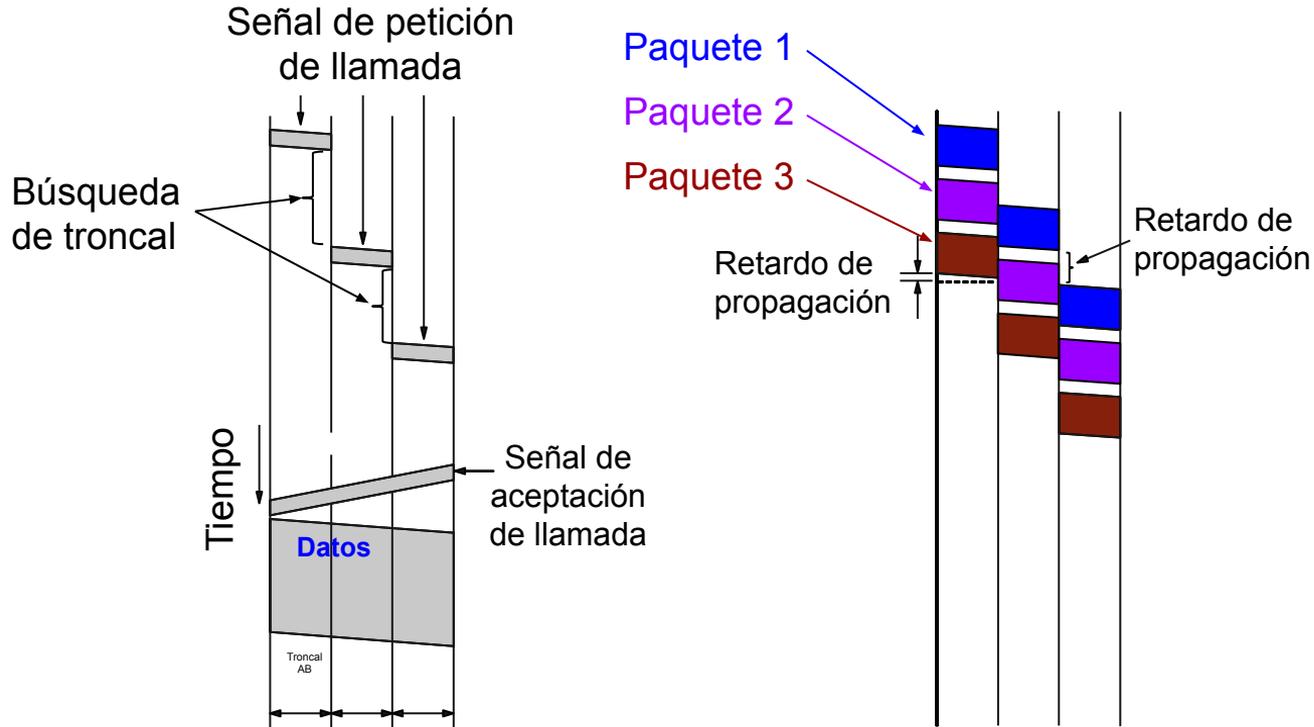




- Los paquetes pueden seguir el mismo camino o no.
- Puede o no haber negociación previa.



Conmutación por circuitos y conmutación por paquetes





Elemento	Conmutación de circuitos	Conmutación de paquetes
Establecimiento de llamadas.	Requerido	No es necesario.
Trayectoria física dedicada.	Sí	No
Cada paquete sigue la misma trayectoria.	Sí	No
Los paquetes llegan en orden.	Sí	No
Una falla en un conmutador es fatal.	Sí	No
Ancho de banda disponible.	Fijo	Dinámico.
Tiempo de una posible congestión.	Durante el establecimiento de la llamada.	En todos los paquetes.
Ancho de banda potencialmente desperdiciado.	Sí	No
Transmisión de almacenamiento y envío.	No	Sí
Cobro.	Por minuto.	Por paquete.



Conmutación por paquetes

- Sin almacenamiento (o al vuelo):
 - Los bits del paquete se van reenviando a medida que llegan.
 - Se lee el encabezado para detectar el destino, y luego el paquete comienza a reenviarse a medida que llega.
 - **Ventajas: Menor latencia y costo (No es necesario almacenar el paquete completo).**
 - **Desventaja: No puede verificarse la integridad del paquete .**
- Con almacenamiento y reenvío:
 - El paquete se reenvía luego de que se ha recibido completo.
 - Es necesario almacenar los bits a medida que llegan.
 - **Desventaja: Mayor latencia y costo en memoria.**
 - **Ventaja: Se puede verificar la integridad del paquete (luego puede pedirse reenvío o descartarse).**

Servicios sin conexión y orientados a conexión

- Servicios orientados a conexión o de circuitos virtuales
 - **Con negociación** previa entre origen y destino.
 - Se **establecerse la ruta** (o circuito) **entre el origen y el destino** (circuito físico o virtual).
 - Todos los paquetes viajan por esa ruta o circuito.
 - Basado en el sistema telefónico.
- Servicios sin conexión.
 - **Sin negociación** previa entre origen y destino.
 - No debe establecerse una conexión previa al envío de datos.
 - Los paquetes de datos se **rutean por separado** y de manera independiente.
 - Basado en el sistema de telegramas.



Un servicio orientado a conexión puede establecerse sobre servicios sin conexión y viceversa. Ejemplo: TCP (servicio orientado a conexión), trabaja sobre IP (servicio sin conexión)



UNCUYO
UNIVERSIDAD



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

**Licenciatura en Ciencias de la
Computación**

Servicios sin conexión y orientados a conexión

- **Conmutación de circuitos: servicio orientado a conexión.**
- **Conmutación de paquetes:**
 - Sin conexión (datagramas).
 - Orientada a conexión (circuitos virtuales).



Temario

- Introducción a las redes de computadoras
- ● **Jerarquía de protocolos**
 - **capas, servicios, protocolos e interfaces**
 - **Modelo OSI**
 - **Modelo TCP/IP**
 - **Estandarización**
- Arquitectura actual de Internet

Jerarquía de protocolos - modelo

- Consiste en: **Dividir** la forma de implementar una red en **capas** o niveles.
- Objetivo: reducir complejidad.
- Cada capa soluciona un problema o conjunto de problemas relacionados, ocultando los detalles de estas soluciones a las capas superiores.
- Cada capa ofrece “**servicios**” a las capas superiores, ocultando los detalles de cómo se implementan estos servicios.
- La capa “n” de una computadora pueden hablar con las capas “n” de otras computadoras, a través del **protocolo** de nivel “n”.

Protocolo de comunicación: conjunto de reglas y convenciones para realizar una comunicación.

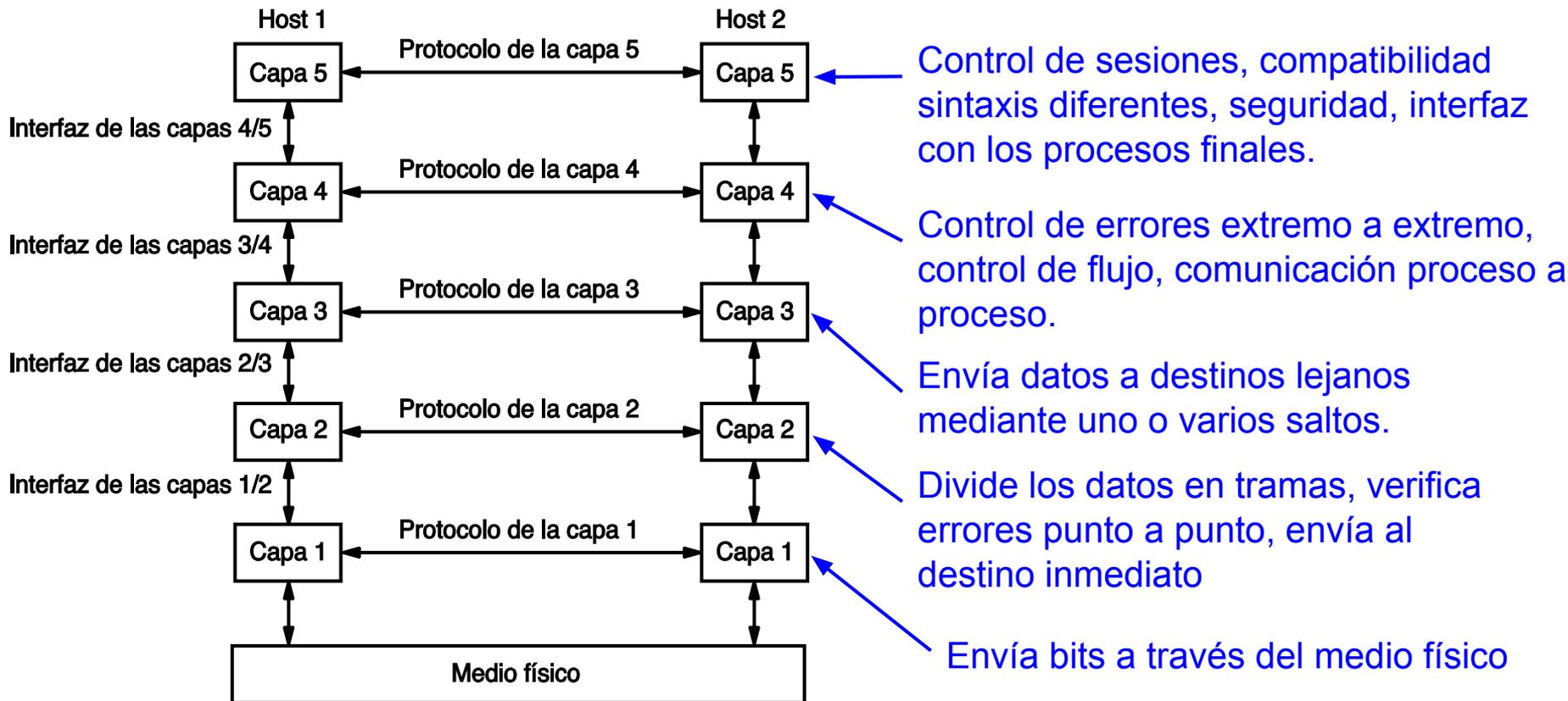
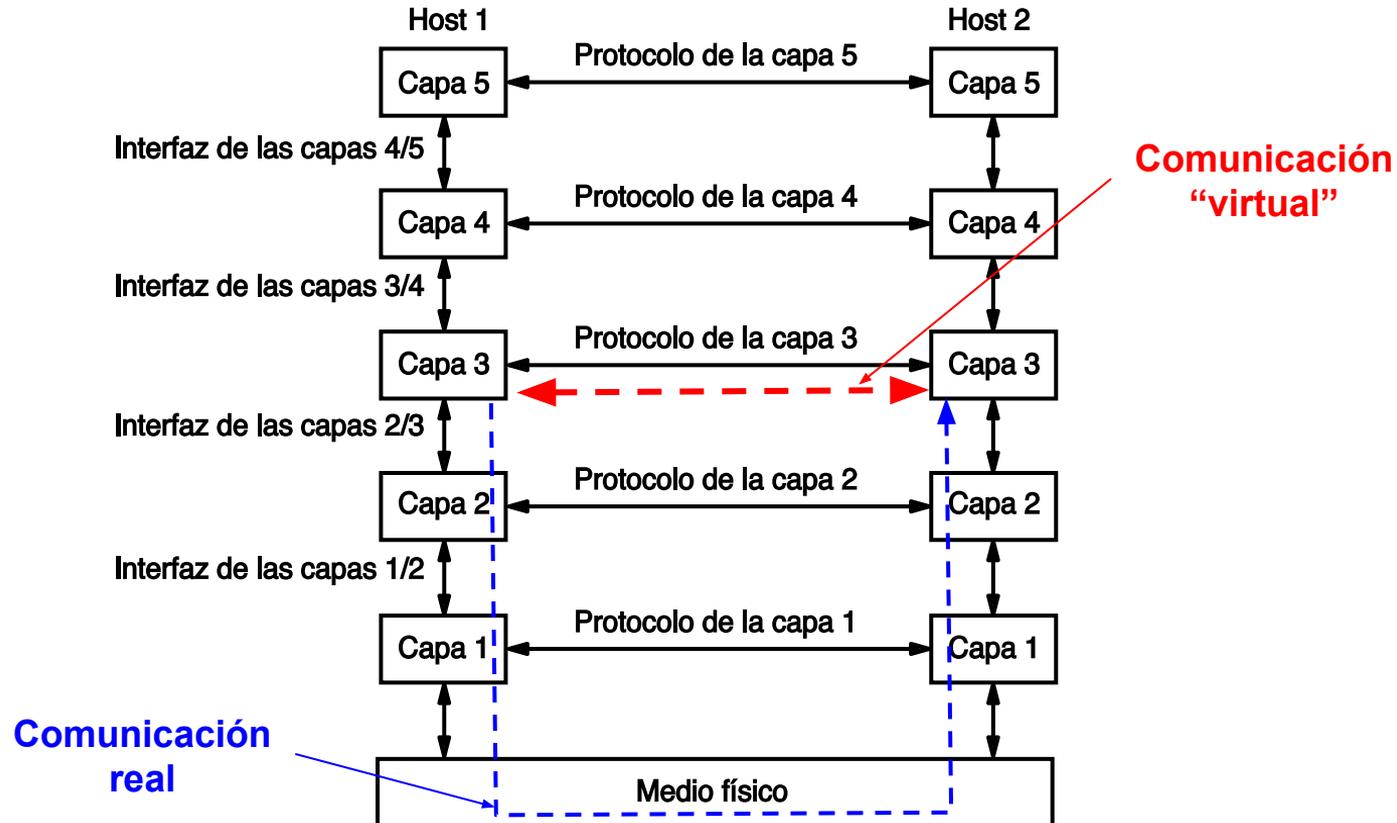


Figura basada en Tanenbaum, D. Wetherall, "Redes de Computadoras", 7th Edition, pag. 26

Ejemplo de comunicación
de la capa 3 del Host 1
con la capa 3 del Host 2

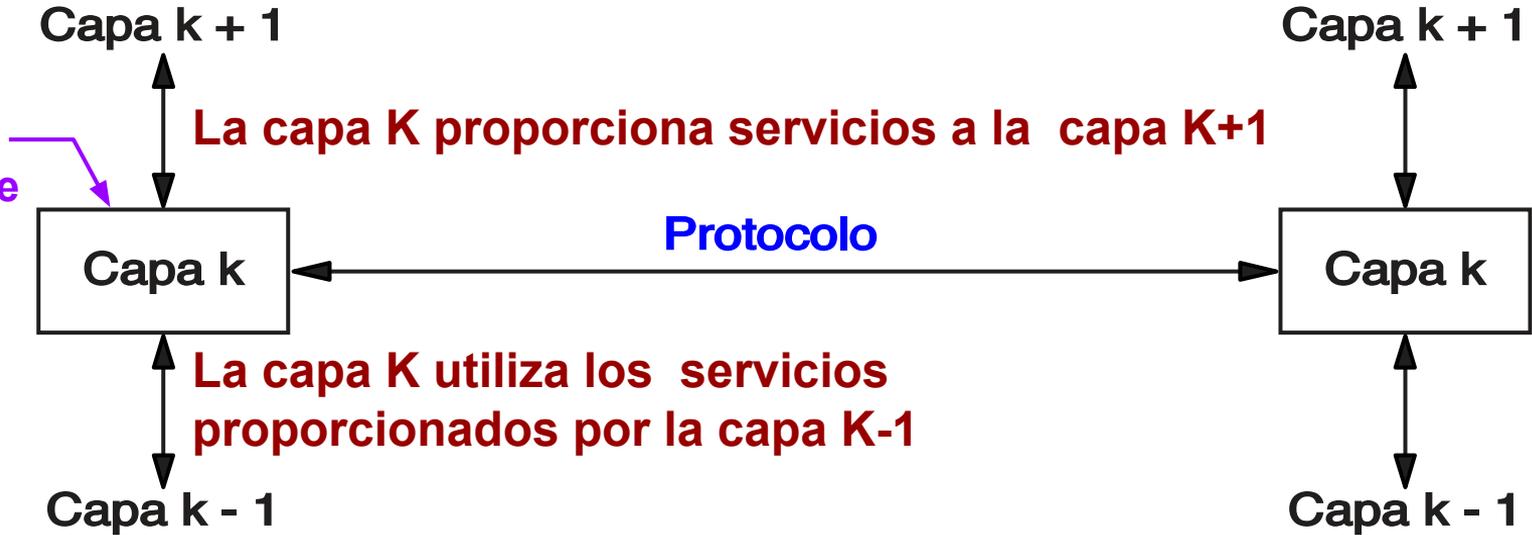


Algunas definiciones importantes:

- **Servicio**: Operaciones que una capa pone a disposición a la capa que está encima de ella. Define “**lo que hace**” la capa.
 - Los modelos normalizan los servicios (lo que hace cada capa).
- **Protocolo**: Conjunto de reglas que definen cómo se comunican dos capas del mismo nivel. Define formato de mensajes.
 - **Los protocolos pueden cambiar, los servicios NO**. Los protocolos de una capa pueden implementarse de diferentes maneras siempre y cuando cumplan con el servicio que deben brindar.
 - Deben estar muy bien definidos, para permitir que implementaciones de diferentes fabricantes puedan comunicarse sin problemas.
- **Interfaz**: Mecanismo que indica a una capa superior como acceder a la capa (ejemplo: conjunto de primitivas¹).

¹ Primitivas normalizadas y sus parámetros (similar a una llamada a subrutina).

La capa K+1
accede a los
servicios de la
capa K mediante
la interfaz de la
capa K



Analogía de comunicación en diferentes idiomas de personas en diferentes países.

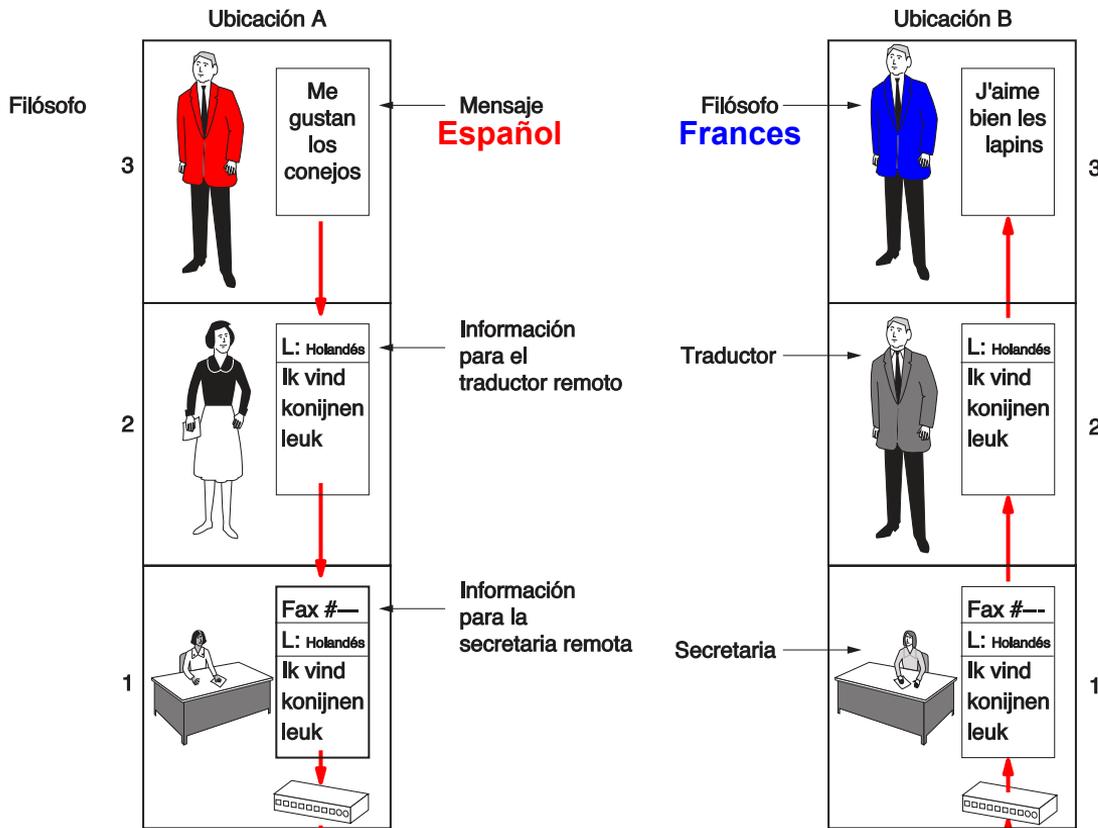


Figura obtenida de Tanenbaum, D. Wetherall, "Redes de Computadoras", 7th Edition, pag. 27



Encapsulación y entramado

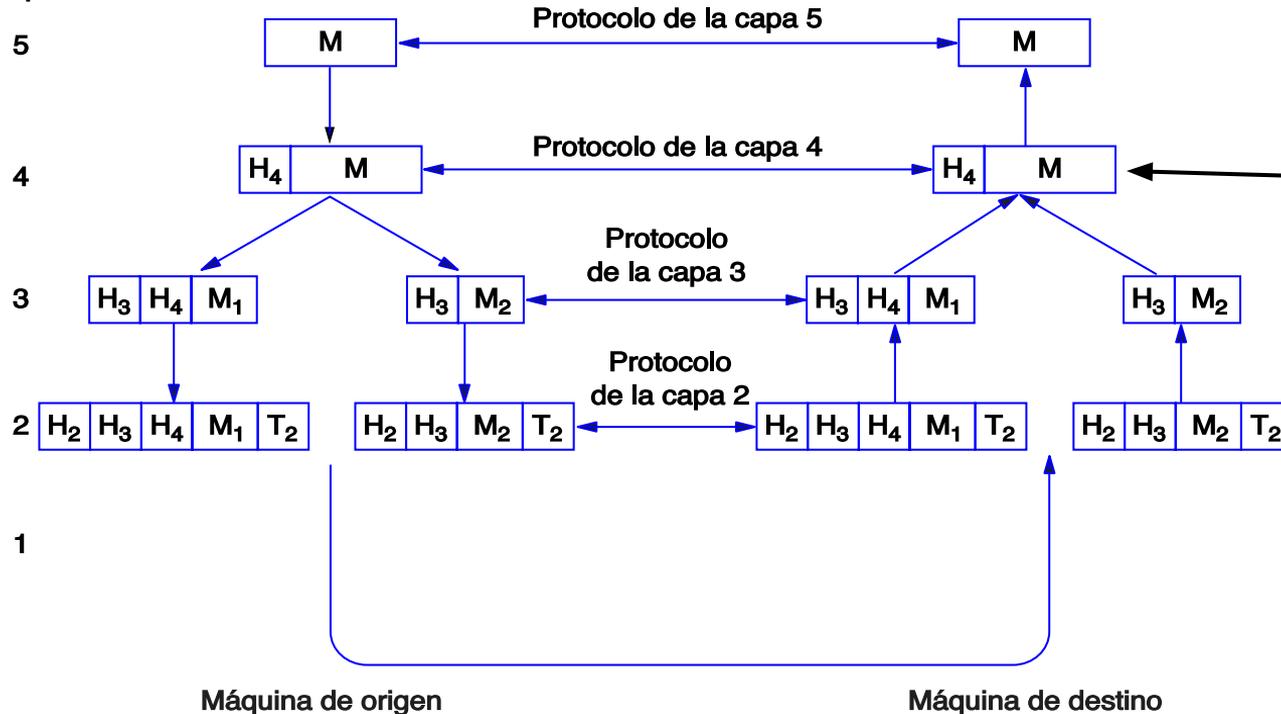
Enviar un mensaje de la capa “n” a la capa “n-1” (capa inferior) puede implicar:

- Añadir encabezados y/o terminadores.
 - Dirección.
 - Número de secuencia (si los paquetes pueden viajar desordenados).
 - Información para el control de errores.
- Dividir en mensaje en otros más pequeños.



Enviar un mensaje de la capa “n” a la capa “n-1” (capa inferior) puede implicar:

Capa



PDU (Protocol Data Unit) de la capa n: datos + bits necesarios para que la capa n realice sus tareas.

Modelos de Referencia:

- Modelo de Referencia **OSI** (Open Systems Interconnection)
 - Desarrollado por la International Organization for Standardization (ISO) en 1983 (revisado en 1995).
 - Los conceptos definidos por el modelo OSI son ampliamente usados, pero no el modelo para implementar sistemas.
 - 7 capas
 - El modelo no especifica protocolos, especifica que debe hacer cada capa.
- Modelo **TCP/IP**
 - Los protocolos que define son los más usados hoy día.
 - Desarrollado por IETF (Internet Engineering Task Force).
 - 4 capas (o 5 capas, según el autor).
 - Especifica protocolos.

Modelo OSI

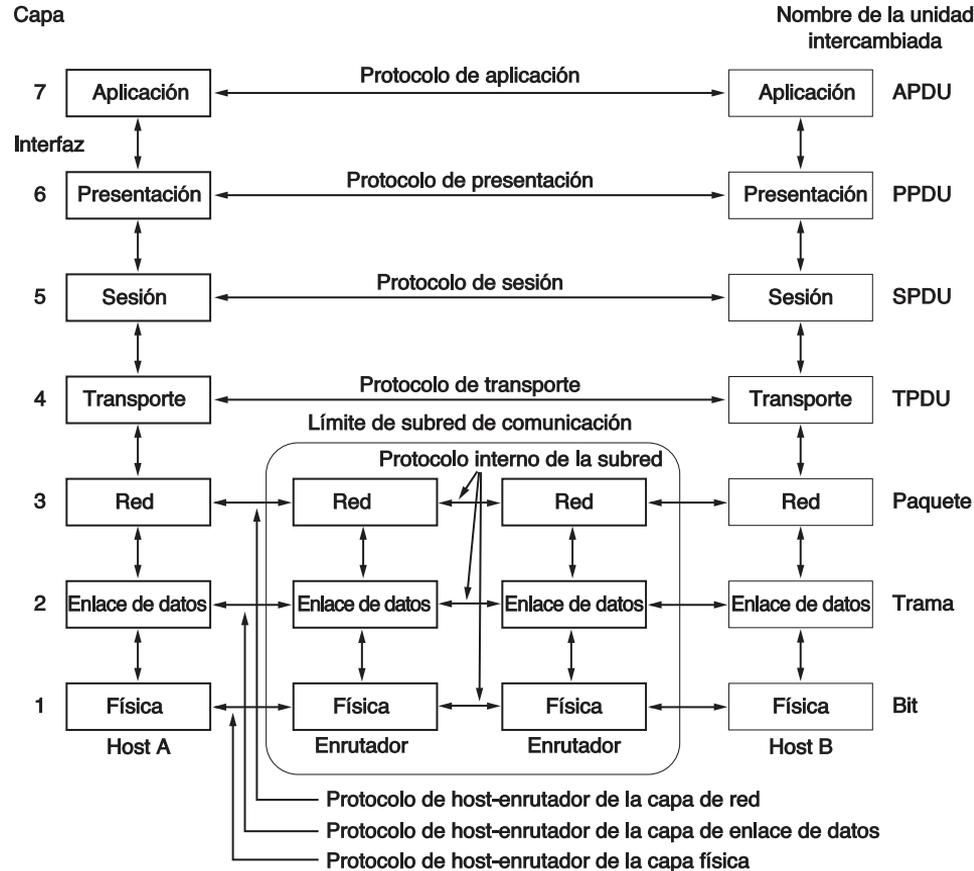


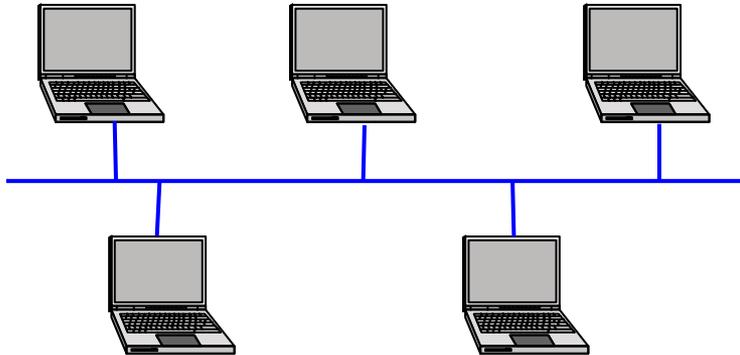
Figura obtenida de
 Tanenbaum, D.
 Wetherall, "Redes de
 Computadoras", 7th
 Edition, pag. 36



Modelo OSI: La capa física

- Transmite bits (no estructurados) a través del canal físico.
 - Modulación de datos.
- Define aspectos eléctricos:
 - Cómo se transmite un 1 y como un cero.
 - Si puede transmitirse simultáneamente en ambas direcciones o no.
 - Cuanto dura un bit.
 - Como se señala el comienzo y el final de una transmisión.
 - Medio físico sobre el cual viajan los datos (aire, cables, fibra óptica, etc).
- Define aspectos mecánicos:
 - Número de pines del conector y función de cada uno.
- Define la secuencia de eventos para transmitir un flujo de bits.

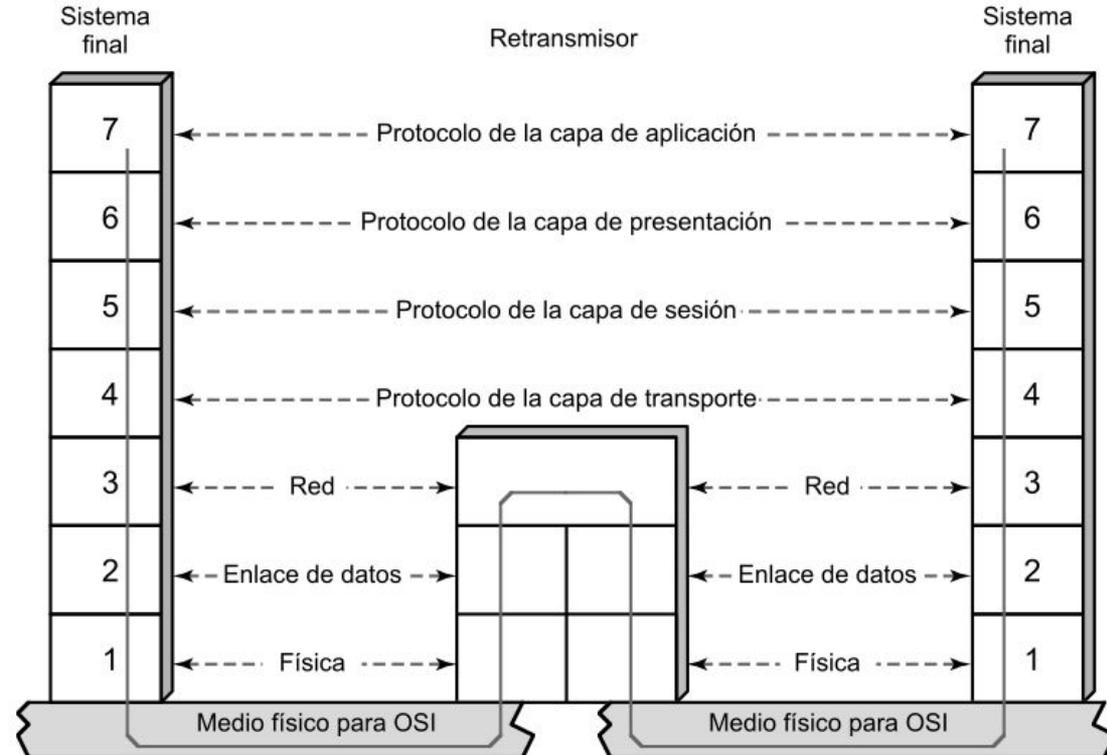
Modelo OSI: La capa de enlace



- Detección y control de errores entre computadoras adyacentes, de modo que la capa de red “no los vea”.
 - Divide los datos a transmitir en tramas de datos (entramado).
 - Define si se usan y como mensajes de confirmación de recepción.
- Control de flujo entre computadoras adyacentes, para evitar que un transmisor rápido pueda saturar a un receptor lento.
- En redes con acceso al medio por difusión, controla el acceso al medio (subcapa de control de acceso al medio MAC).

Modelo OSI: La capa de red

- Determinar cómo se encaminan los paquetes desde el origen al destino, pudiendo pasar por diferentes redes.
- Trata con problemas de congestión.
- Trata con problemas de diferencias o incompatibilidades entre diferentes redes en una internet (tramas de diferente tamaño, diferentes esquemas de direccionamiento físico, etc).





Modelo OSI: La capa de transporte

- Transferencia de datos entre puntos finales (entre procesos).
- Según el tipo de servicio, proporciona:
 - Transferencia de datos libre de errores.
 - Control de flujo extremo a extremo.
- Determina el tipo de servicio presentado al usuario. Por ejemplo:
 - Conexión punto a punto libre de errores (necesita realizar un procedimiento para establecer la conexión).
 - Mensaje aislado sin garantía.
 - Difusión de mensajes.



Modelo OSI: La capa de sesión

- Permite establecer sesiones entre procesos que se quieren comunicar.
 - Control de diálogos (llevar el control de quien va a transmitir).
 - Manejo de **tokens** (mensajes que habilitan a la máquina que los posee a realizar determinadas acciones).
- Puntos de comprobación (de recuperación): Si ocurre un fallo, pueden retransmitirse todos los datos desde el último punto de comprobación.



Modelo OSI: La capa de Presentación

- Permite que computadoras con diferentes presentaciones internas de datos puedan comunicarse.
 - Define estructuras de datos (Permite que computadoras con diferentes presentaciones internas de datos puedan comunicarse).
 - Ejemplo: permite que una computadora que utiliza caracteres ASCII little-endian pueda comunicarse con una que utilice Unicode y big-endian realizando la traducción.
- Cifrado



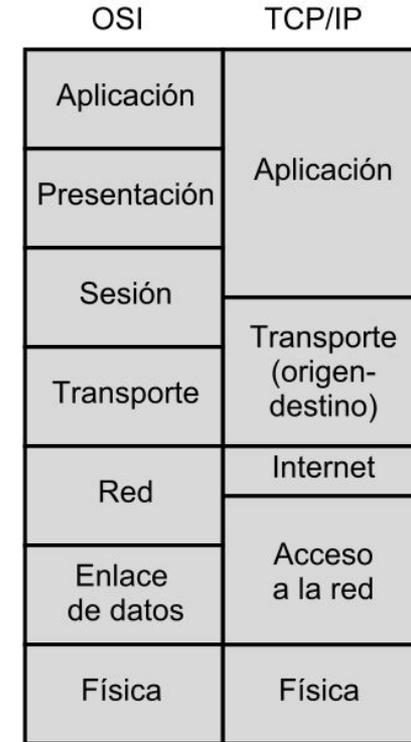
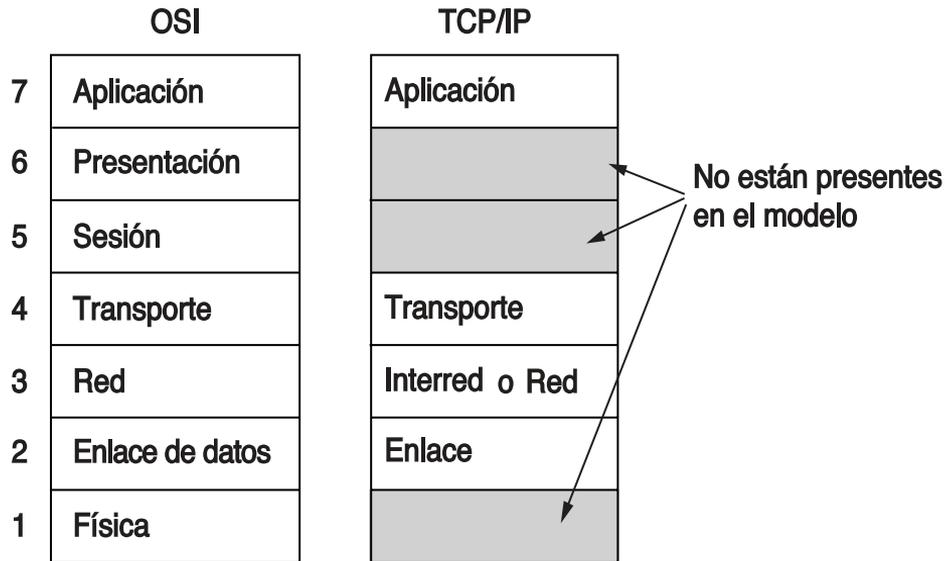
Modelo OSI: La capa de Aplicación

- Colección de protocolos y aplicaciones utilizados con frecuencia. Ejemplo: HTTP, FTP, DNS, DHCP, SSH, etc.
- Interfaz final con aplicaciones de usuario.



Modelo TCP/IP

- Definido por un artículo científico [1].
- Adoptado por ARPANET (predecesora de Internet).



[1] V. Cerf and R. Kahn, "A Protocol for Packet Network Intercommunication," in IEEE Transactions on Communications, vol. 22, no. 5, pp. 637-648, May 1974. doi: 10.1109/TCOM.1974.1092259



Modelo TCP/IP: Capa Física

- Idem a modelo OSI.
- Algunos autores no consideran a la capa física como parte del modelo TCP/IP. Pero el modelo necesita una capa física sobre la cual funcionar.

Modelo TCP/IP: Capa de Enlace

- Maneja el intercambio de datos confiable entre **dos máquinas dentro de una misma red física** (comunicación directa).
 - Direccionamiento físico.
 - Notificación y/o control de errores entre máquinas dentro de una misma red.
 - Control de flujo punto a punto.
 - Acceso al medio (en redes por difusión).



Modelo TCP/IP: Capa de Red

- Transporta mensajes (paquetes) **entre máquinas** que pueden estar en la **misma o en diferentes redes interconectadas** (ruteo de paquetes).
- Otras tareas: congestión.
- **No ofrece confiabilidad (servicio de mejor esfuerzo)** (los paquetes pueden perderse y en ese caso la capa de red no hace nada) **ni entrega en orden**.
- Dos protocolos: **IP** (Internet Protocol), **ICMP** (Internet Control Message Protocol).



Modelo TCP/IP: Capa de Transporte

- Permite que **dos procesos** puedan comunicarse¹, pudiendo estar en la misma red o diferentes redes.
- Dos protocolos:
 - **TCP** (Transmission Control Protocol): orientado a conexión, confiable, con control de flujo.
 - **UDP** (User Datagram Protocol): sin conexión, no confiable, sin control de flujo.

¹ Enviarse datos que consistan en más de un simple paquete

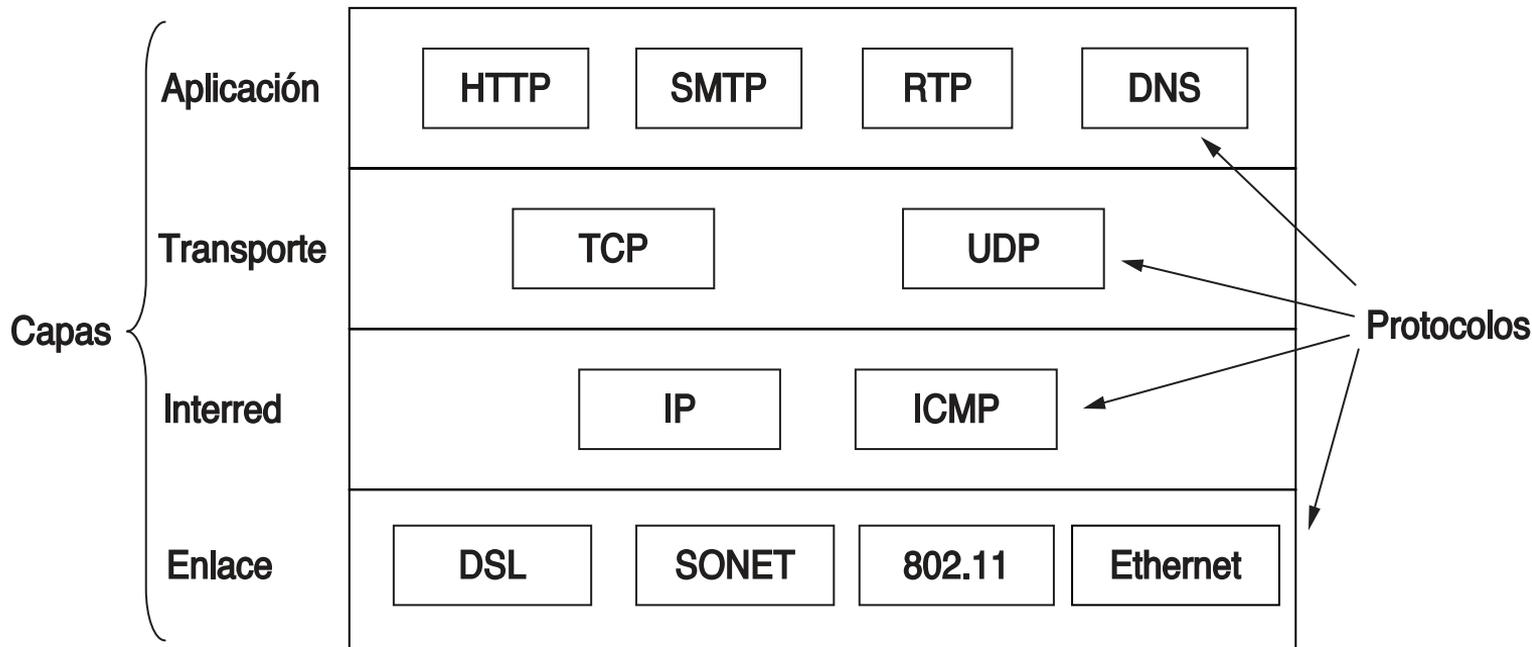
Modelo TCP/IP: Capa de Aplicación

- Procesos que se quieren comunicar.
- Protocolos de alto nivel para aplicaciones utilizadas frecuentemente.
Ejemplos: FTP, RPC, RTP, DNS, SSH.



¿Y las capas de sesión y presentación?: El modelo TCP/IP no las incluye. Cada aplicación implementa sus componentes de sesión y/o presentación si los necesita (poco frecuente).

Modelo TCP/IP





Estándares

- Objetivo: Que computadoras o tecnologías de red de **diferentes fabricantes** puedan comunicarse.
 - Incrementar el mercado para quienes adhieran
- Que define un estándar: Requisitos para compatibilidad.
 - Ejemplos: un protocolo, frecuencias a utilizar, formato de paquetes, modelos, datos de un certificado, etc.
- Que no define un estándar: como se implementan.
- Dos tipos: “**de facto**” y “**por ley**”.

Estándares

- Organismos de estandarización más importantes:
 - **ITU** (International Telecommunication Union). Depende de la ONU.
 - Estándares. Ejemplos: Bandas ISM, X.509.
 - **ISO** (International Standards Organization).
 - Estándares. Ejemplos: Modelo OSI.
 - **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers):
 - Estándares o normas. IEEE 802.11 y IEEE 802.3.
 - **IETF** (Internet Engineering Task Force).
 - RFC. Ejemplos: HTTP (RFC 2616, 7540, etc.), IP (RFC 791, 2460), TPC (RFC 793, 4614), etc. (<https://www.rfc-es.org/rfc/rfc2460-es.txt>, <https://tools.ietf.org/html/rfc8200> , <https://tools.ietf.org/html/rfc7169>).
 - **IANA** (Internet Assigned Numbers Authority), **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers).



Temario

- Introducción a las redes de computadoras
- Jerarquía de protocolos
- ● **Arquitectura actual de Internet**
 - **Evolución: ARPANET, NFSNET**
 - **Arquitectura actual de Internet, ISPs, puntos de intercambio.**

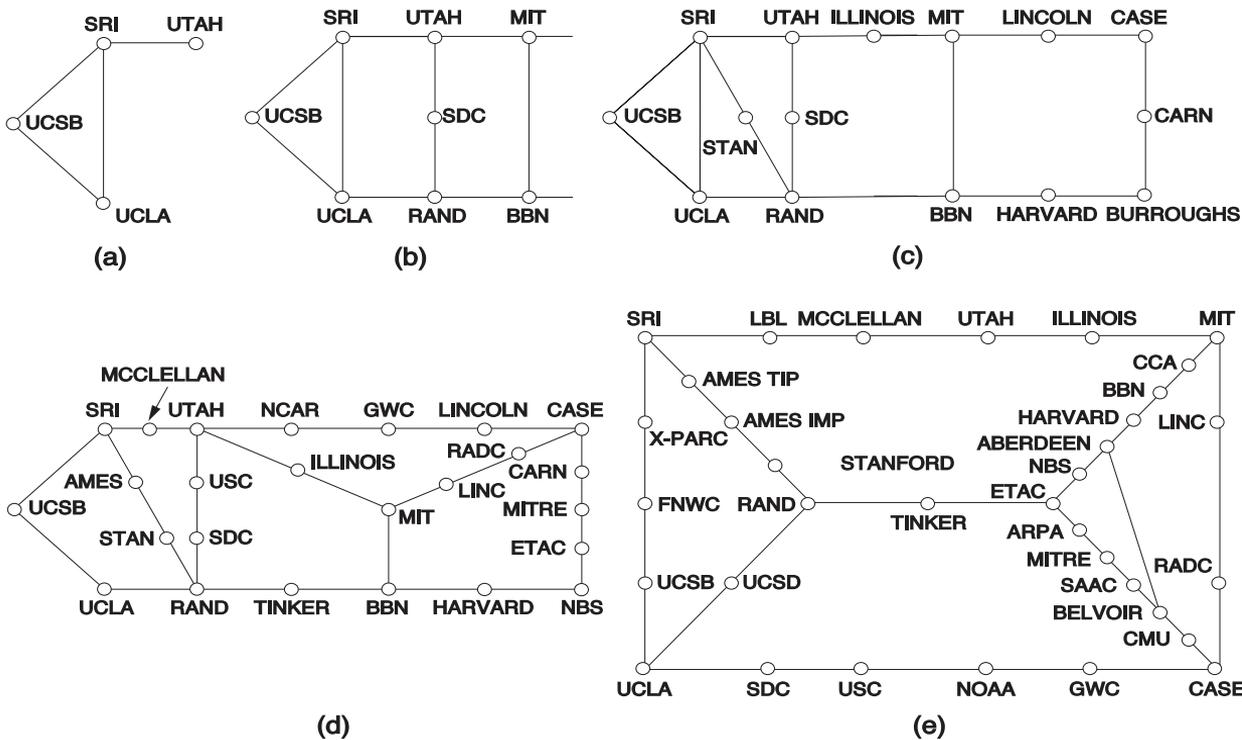
Arquitectura de Internet: ARPANET

- El DoD¹ crea DARPA (Advanced Research Projects Agency) (1958).
- DARPA crea ARPANET (1969).
 - Objetivo: comunicación descentralizada para que el sistema pudiera sobrevivir a un ataque soviético (guerra fría).
 - Comenzó con 4 nodos, y gradualmente se fueron agregando más nodos.
 - **Problema: las instituciones que se sumaban a ARPANET debían tener un contrato con el DoD. Respuesta: NSFNET² (1985).**
- NSFNET: Permitió acceso a todas las universidades
 - Arquitectura inicial: Backbone (red WAN) que conectaba:
 - 6 centros de supercomputación.
 - Puntos de acceso para que redes regionales accedieran a la red.
 - Utilizó TCP/IP desde un principio.

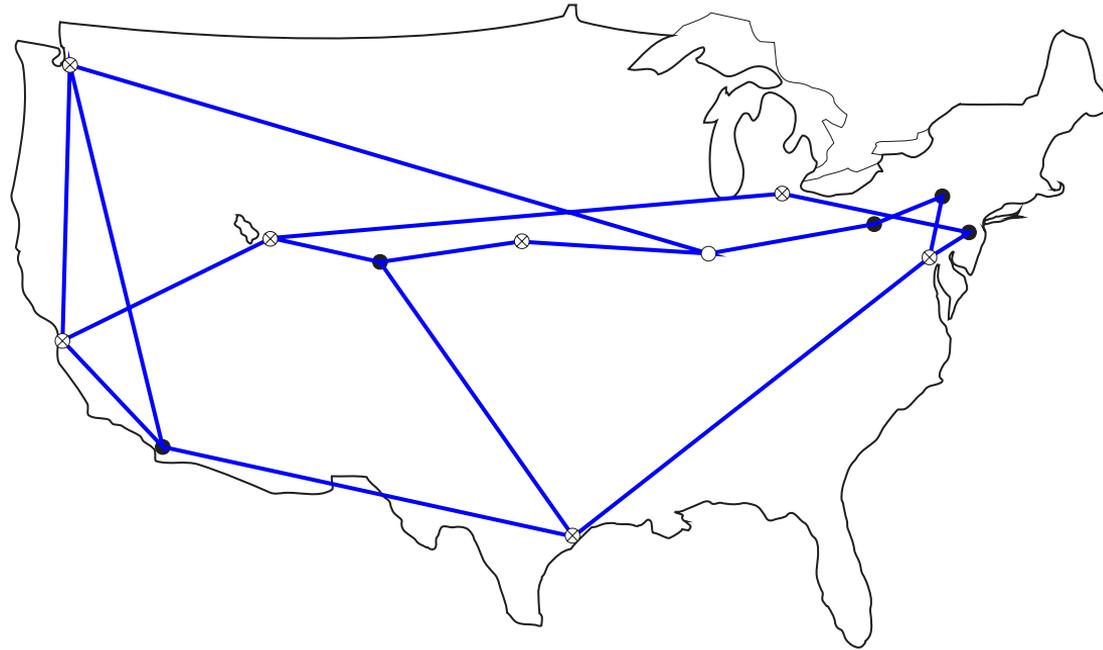
¹ DoD: U.S.A. Department of the Defense

² NSF: National Science Foundation

Arquitectura de Internet: Crecimiento de ARPANET



Arquitectura de Internet: NSFNET
Arquitectura Inicial de la NSFNET

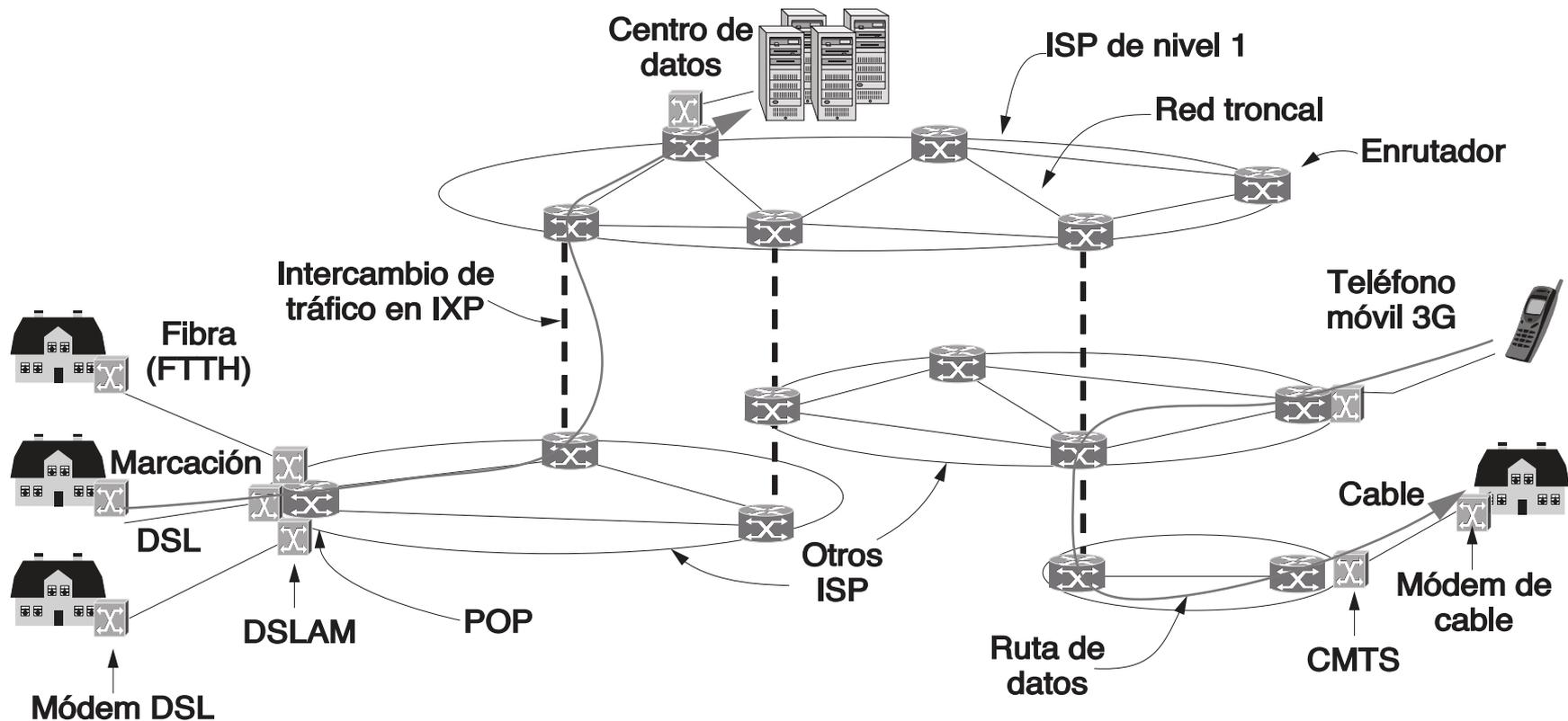


Arquitectura de Internet: NSFNET

- Evolución de NSFNET:
 - NSFNET crece a gran velocidad.
 - El gobierno de Estados Unidos otorga contratos a 4 empresas para que actúen como proveedores de acceso a la NSFNET a través de NAP (Network Access Point) interconectados.
 - Predecesores de los **ISP** (Internet Service Provider).
 - Cualquier empresa que quisiera acceder a la red debía contratar los servicios de un proveedor de acceso.
 - Otros países imitan a ARPANET y NSFNET y se conectan entre ellos.
 - Aparecen proveedores de acceso a Internet de diferentes niveles (proveedores de proveedores). Actualmente existen tres niveles.

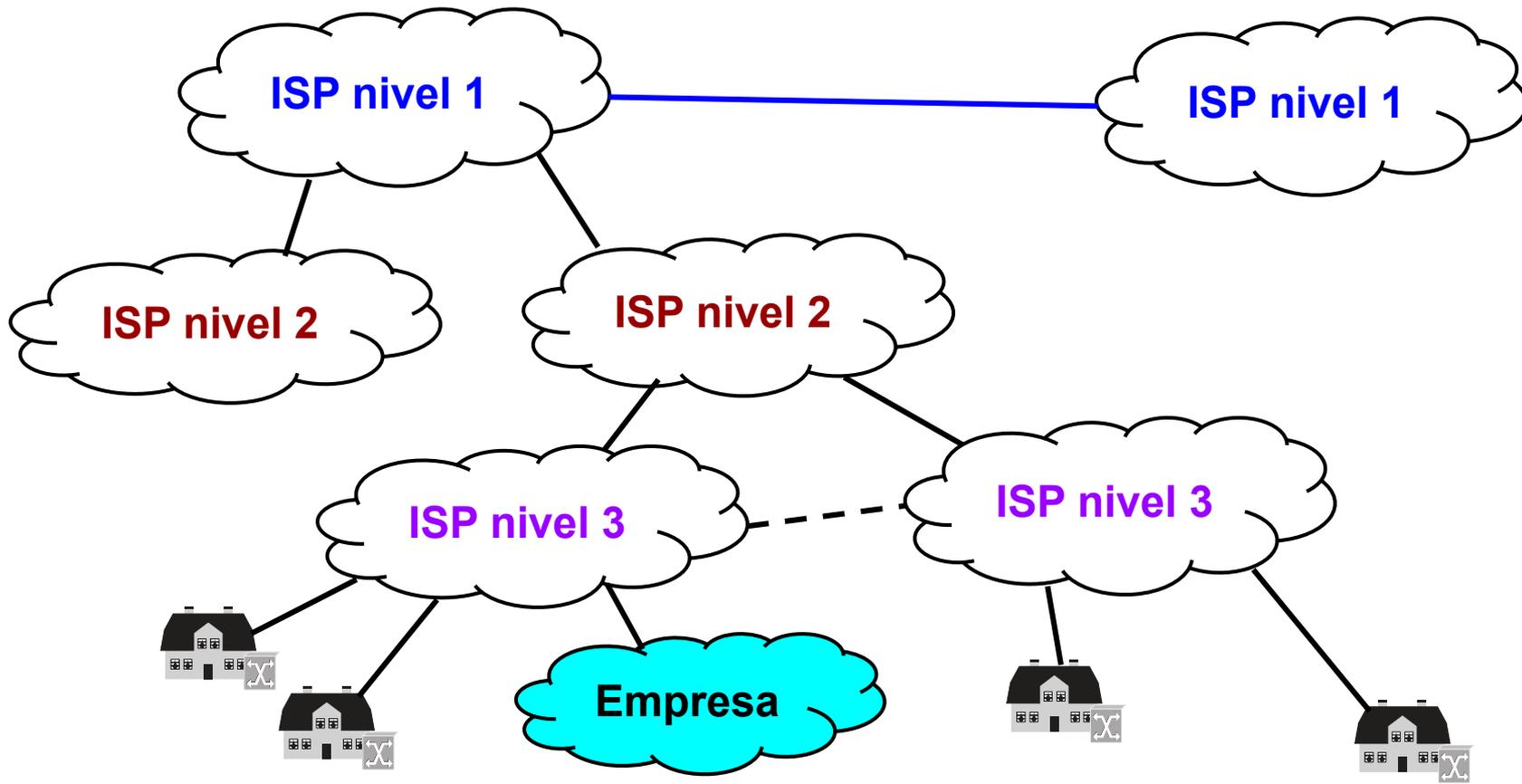


Arquitectura de Internet



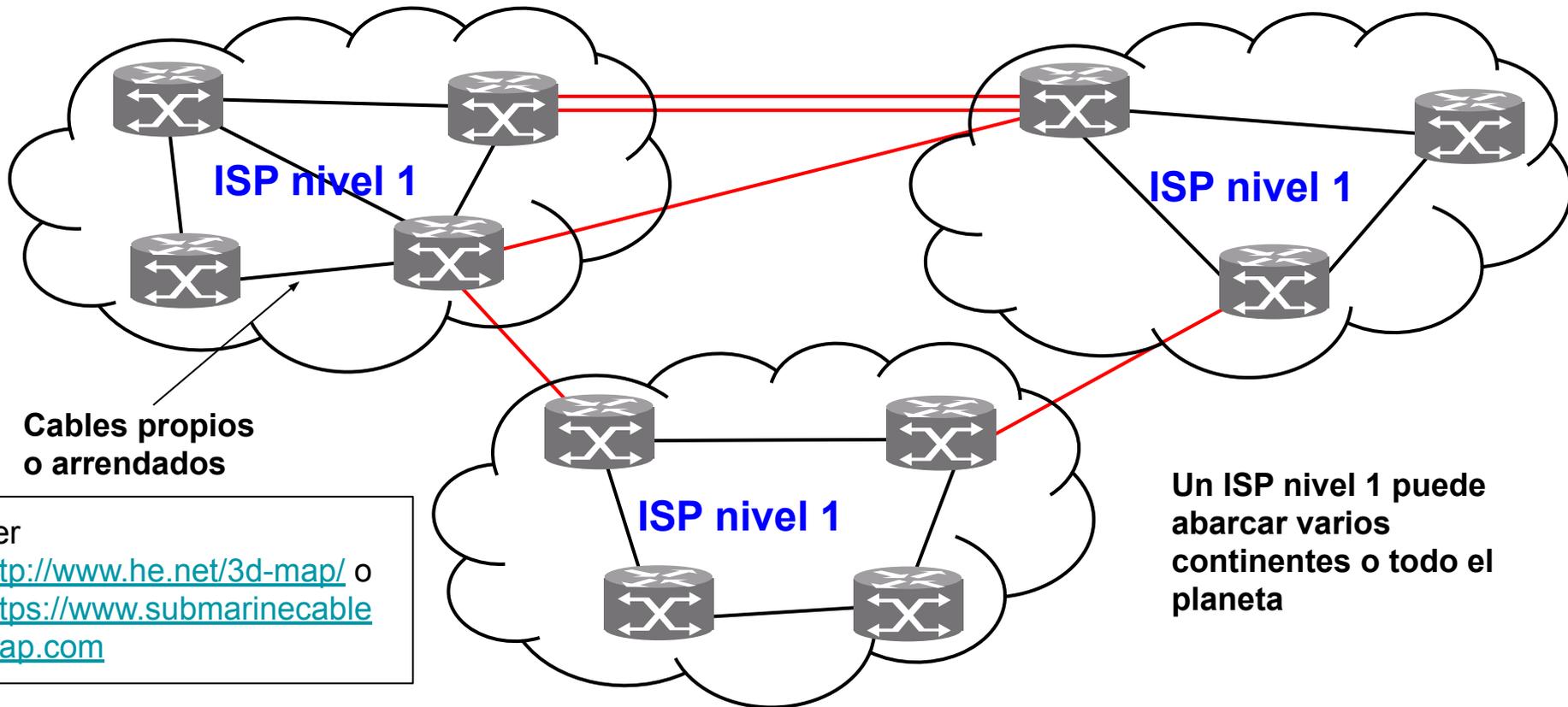


Arquitectura de Internet: niveles de ISPs





Arquitectura de Internet: backbone de Internet



Cables propios
o arrendados

Ver
<http://www.he.net/3d-map/> o
<https://www.submarinecablemap.com>

Un ISP nivel 1 puede
abarcar varios
continentes o todo el
planeta



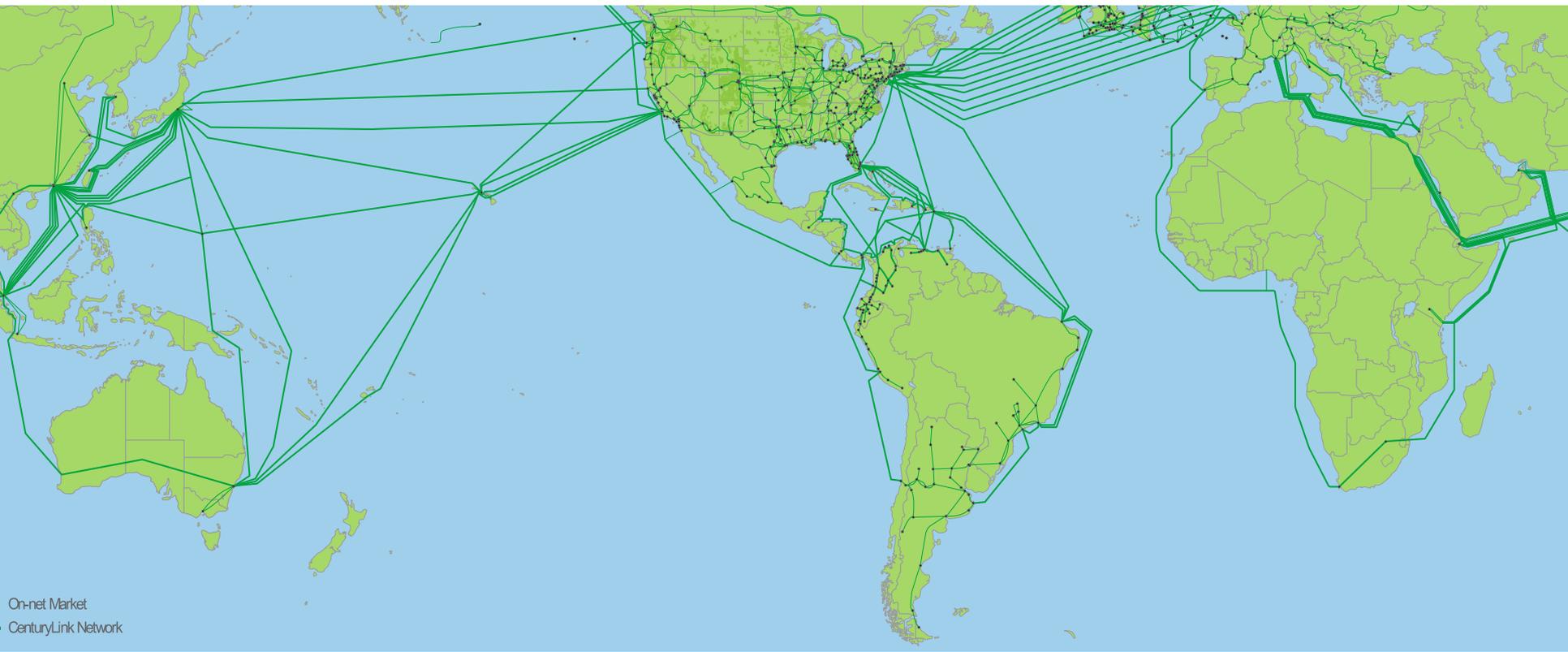
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

**Licenciatura en Ciencias de la
Computación**

Arquitectura de Internet: Ejemplo de red de ISP nivel 1: CenturyLink





Arquitectura de Internet: Ejemplo de red de ISP nivel 1: Telxius (Telefónica)

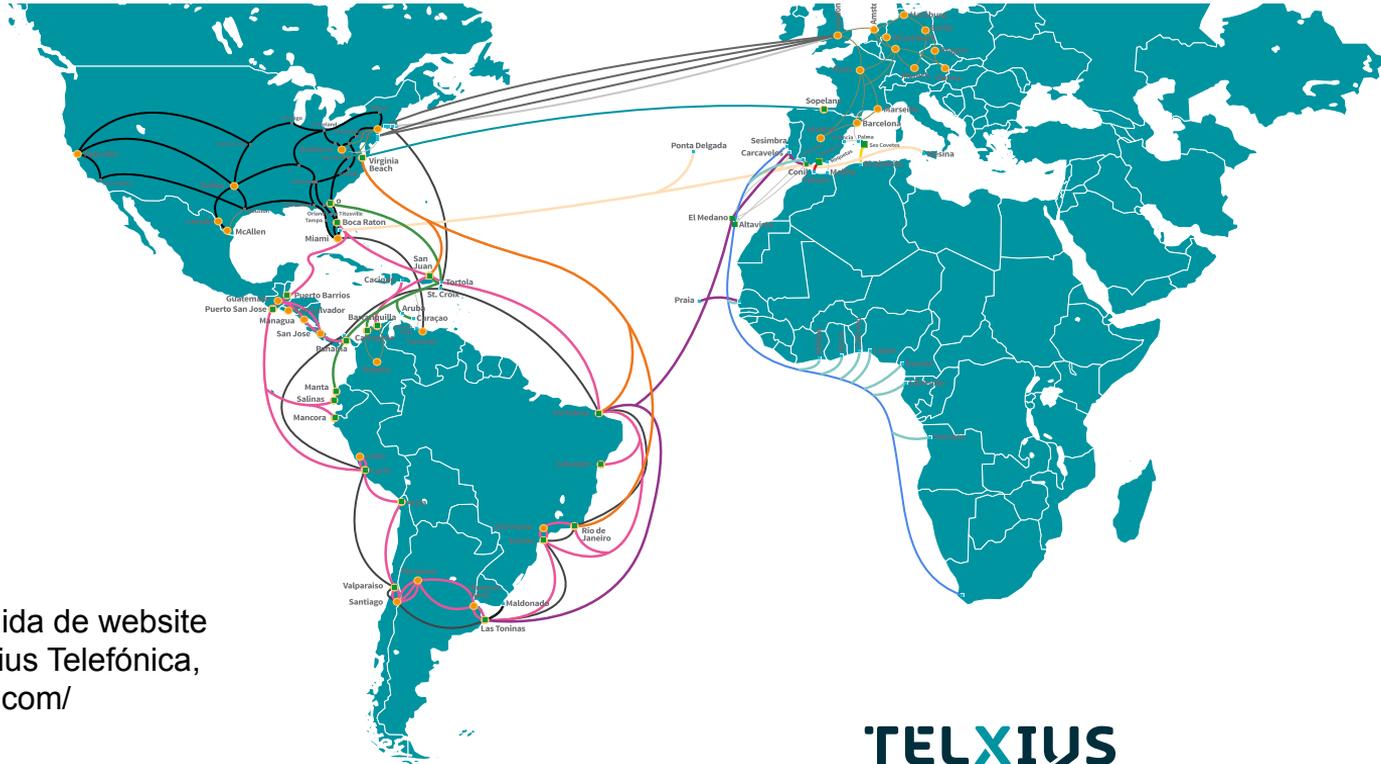
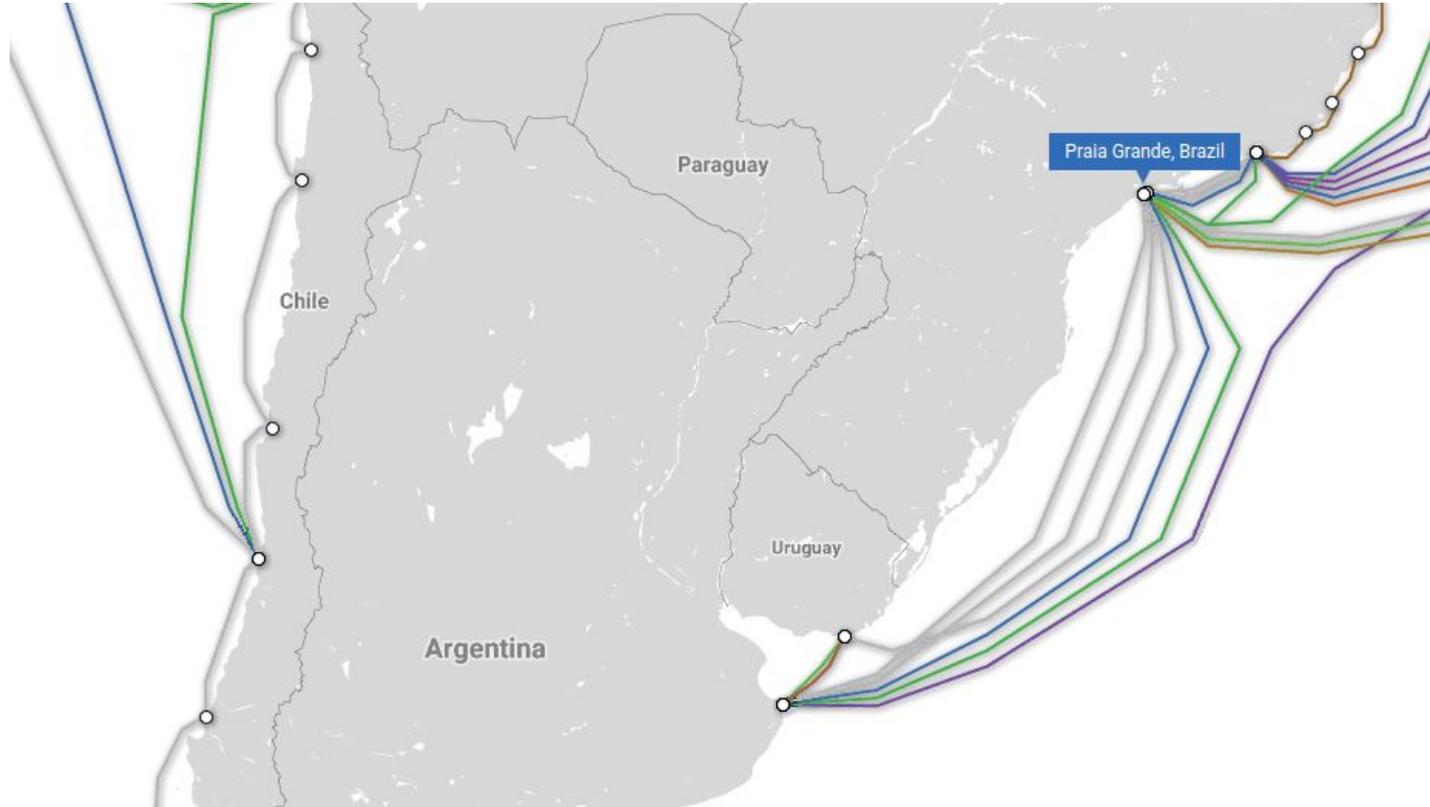


Imagen obtenida de website oficial de Telxius Telefónica, <https://telxius.com/>

Arquitectura de Internet: Cables submarinos que llegan a Buenos Aires





Arquitectura de Internet: Red de CABASE (Cámara Argentina de Internet)

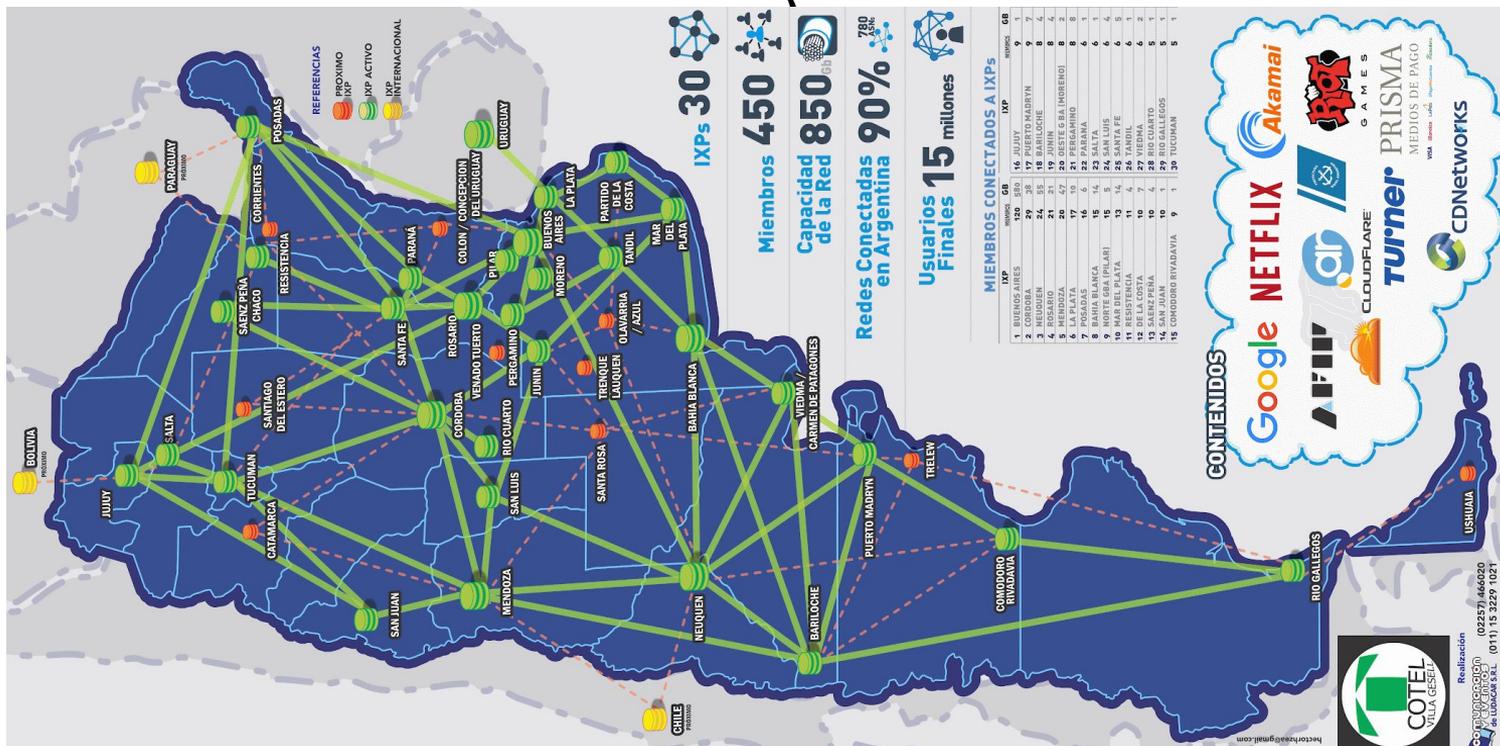


Figura obtenida de <https://www.cabase.org.ar/>



Arquitectura de Internet

- **ISP (Internet service provider).**
 - ISP nivel 3: proveedores finales (Arlink, Wesnet, Aero, etc.)
 - ISP nivel 2: Alcance nacional o Regional (Speedy)
 - ISP nivel 1: Internacionales (AT&T, Telefónica, Spring)
- **POP (Point Of Presence):** Punto donde los paquetes de datos entran en el ISP.
- **IXP (Internet eXchange Points),** también llamados N.
 - IXP en argentina: <https://www.cabase.org.ar>.