

Tecnología Digital IV: Redes de Computadoras

Clase 1: Introducción a las Redes de Computadoras - Parte 1

Lucio Santi & Emmanuel Iarussi

Licenciatura en Tecnología Digital
Universidad Torcuato Di Tella

6 de marzo 2025

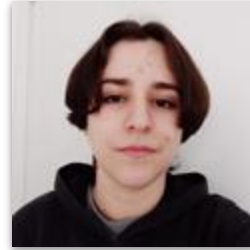
Equipo docente



Emmanuel Iarussi



Marcelo Romeo



Emiliana Verdun



Facundo Berasategui

Organización de la materia

- Clases Teóricas:
 - Sección 1: Martes y Jueves de 17.15 a 18.50 hs - Aula SV302
- Clases Prácticas:
 - Sección 1 (Emiliana/Facundo): Lunes de 9.45 a 11:20 hs - Aula SV302

11:30 a 13:05 hs - Aula SV103

Lunes de

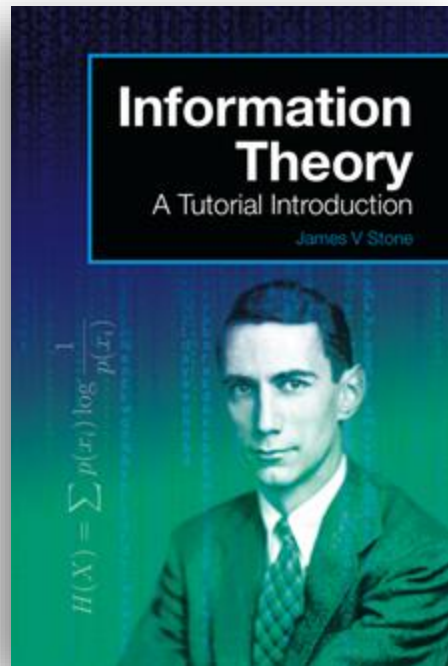
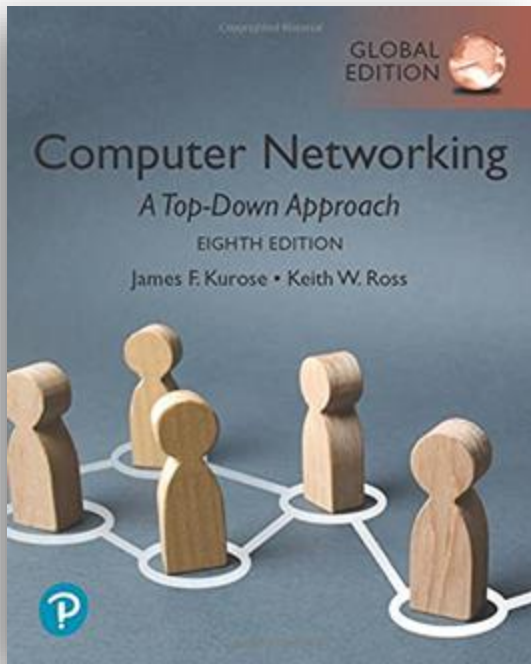
- Criterio de aprobación:
 - 2 parciales (a mitad y final del cuatrimestre)
 - Recuperatorios en instancia de final (de cada mitad)
 - 1 trabajo práctico **grupal (tres integrantes por grupo)**

Guía de supervivencia

- Las clases prácticas están destinadas a resolver los ejercicios de las guías.
- **Resolver las guías** de las clases prácticas es requisito para obtener un resultado satisfactorio en la cursada.
- Las guías contienen ejercicios de **dificultad similar a los parciales**. Resolveremos en detalle algunos exámenes de semestres pasados a modo de práctica.
- Además de las guías, en las clases prácticas se llevarán a cabo **actividades en las computadoras**.
- Las diapositivas de las clases **no sustituyen** a la bibliografía sugerida.



Bibliografía principal



¡Disponibles en biblioteca!

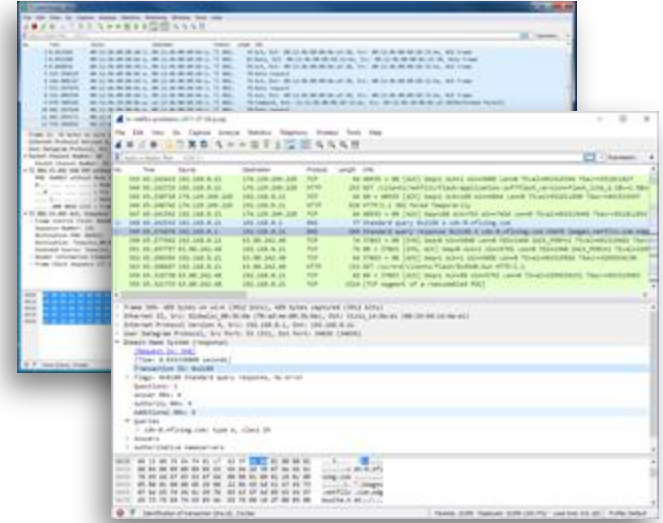
Objetivos del curso

- Entender los mecanismos fundamentales que posibilitan el funcionamiento de las redes de computadoras, en particular **Internet**
- Asimilar los fundamentos teóricos de la codificación de información y la compresión de datos
- Incorporar vocabulario específico del área y sus contextos de uso



Objetivos del curso (más importantes!)

- Conocer, adoptar y aplicar herramientas modernas de networking, desde *packet sniffers* hasta frameworks de armado e inyección de paquetes
- **Programar** protocolos de red simples y/o herramientas como las mencionadas en el inciso anterior



Programa

- Unidad 1: Sistemas de comunicaciones
 - Redes de computadoras e Internet. Nivel de aplicación, transporte, red y enlace.
 - Seguridad en redes.
- Unidad 2: Teoría de la información y sus aplicaciones
 - Información. Entropía. Teoremas de Shannon.
 - Codificación de datos. Compresión.

Acerca del material de clase

- Las diapositivas de las clases teóricas de la Unidad 1 están **fuertemente basadas en las diapositivas originales de Kurose y Ross**, públicamente accesibles en Internet
- Las diapositivas del primer cuatrimestre de 2025 **pueden no coincidir** con las utilizadas por la cátedra en cuatrimestres anteriores, por lo que aconsejamos prestar atención a las versiones actuales
- La cátedra pondrá a disposición las diapositivas antes de las clases, pero no dejamos de enfatizar en la importancia no sólo de **acudir a las clases presenciales** sino también de **referirse al libro** durante el proceso de estudio
- Del mismo modo, las guías de ejercicios de este cuatrimestre **pueden ser diferentes** a las utilizadas en los cuatrimestres pasados
- Si bien en algunos casos adoptamos ejercicios del libro, con algunas soluciones filtradas en Internet, recomendamos enérgicamente **pensarlos y resolverlos** para consolidar el aprendizaje de los temas estudiados

Agenda

- ¿Qué es Internet?
- El “borde” de la red: hosts, redes de acceso, medios físicos
- El “núcleo” de la red: conmutación de paquetes; estructura de Internet
- Métricas de performance: pérdida de paquetes, latencia, *throughput*
- Protocolos
- **Tarea:** breve reseña histórica

¿Qué es Internet?



Miles de millones de dispositivos interconectados

- *Hosts: sistemas "finales"*
- Corren aplicaciones en el "borde" de la red



Conmutadores de paquetes reenvían paquetes (agrupaciones de bytes – datos)

- *routers, switches*

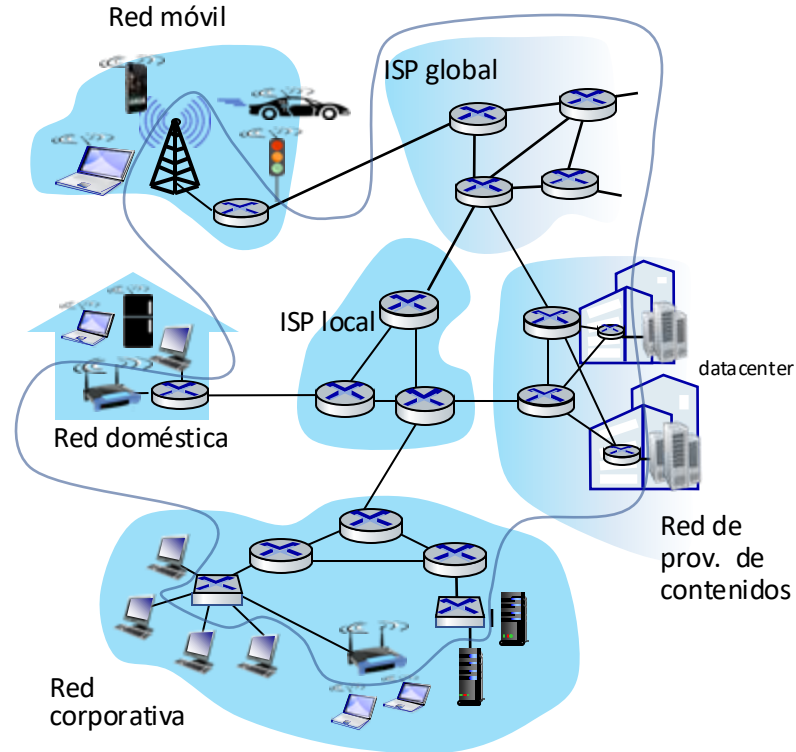


Enlaces de comunicación

- Fibra óptica, cables de cobre, radio, satélites
- Tasa de transmisión: ancho de banda (*bandwidth*)

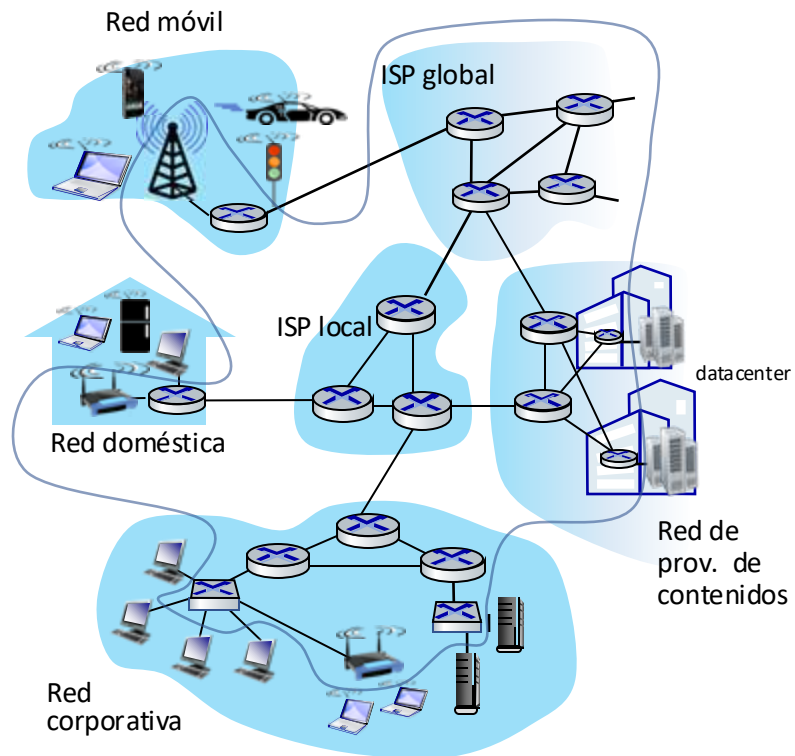
Redes

- Colección de dispositivos, routers y enlaces; administradas por una organización



¿Qué es Internet?

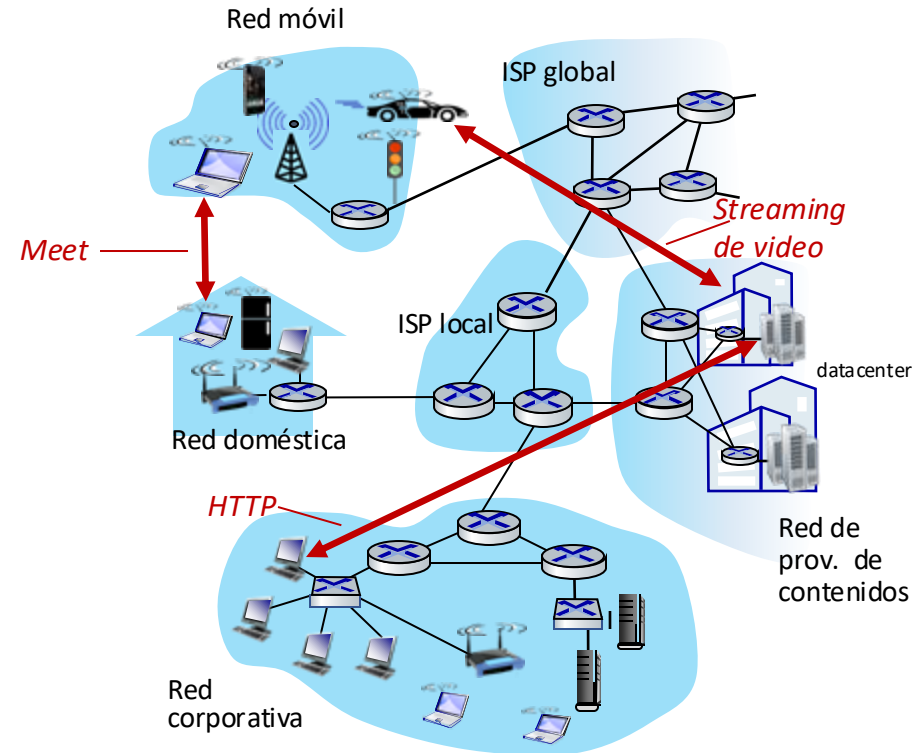
- **Internet: red de redes**
 - ISPs interconectados
- **Protocolos**
 - Definen cómo se envían y reciben los mensajes
 - HTTP (web), *streaming* de video, TCP, IP, WiFi, 4G, Ethernet, ...
- **Estándares**
 - RFC: Request for Comments (Ejemplo: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2616>)
 - IETF: Internet Engineering Task Force





Internet como proveedor de servicios

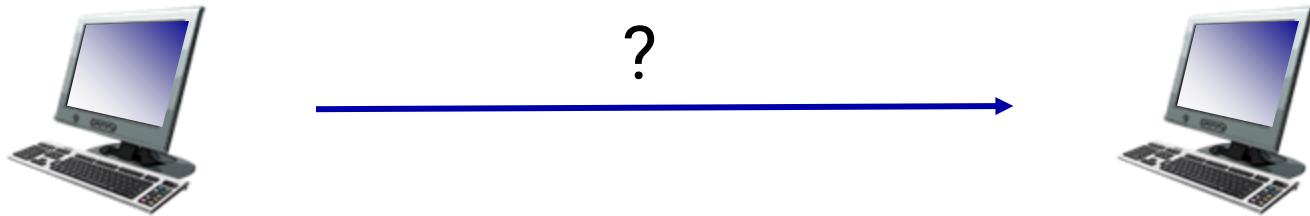
- **Infraestructura** que ofrece servicios a aplicaciones
 - Web, streaming de video, videoconferencias, email, videojuegos, redes sociales, ...
- Provee una **interfaz de programación (API)** a las aplicaciones
 - Permite que las apps se conecten y utilicen el servicio de transporte de Internet
 - Ofrece opciones de servicio (como e.g. servicio postal)



Internet como proveedor de servicios

- Pregunta fundamental de este curso:

¿Cómo hace un programa que se ejecuta en un sistema final para indicarle a la Internet que entregue datos a un programa que ejecuta en otro sistema final?



¿Qué es un protocolo?

Protocolos de humanos

- Presentaciones
- Preguntar por la hora

Definen *reglas*

Mensajes específicos
enviados

Acciones específicas para
los mensajes recibidos

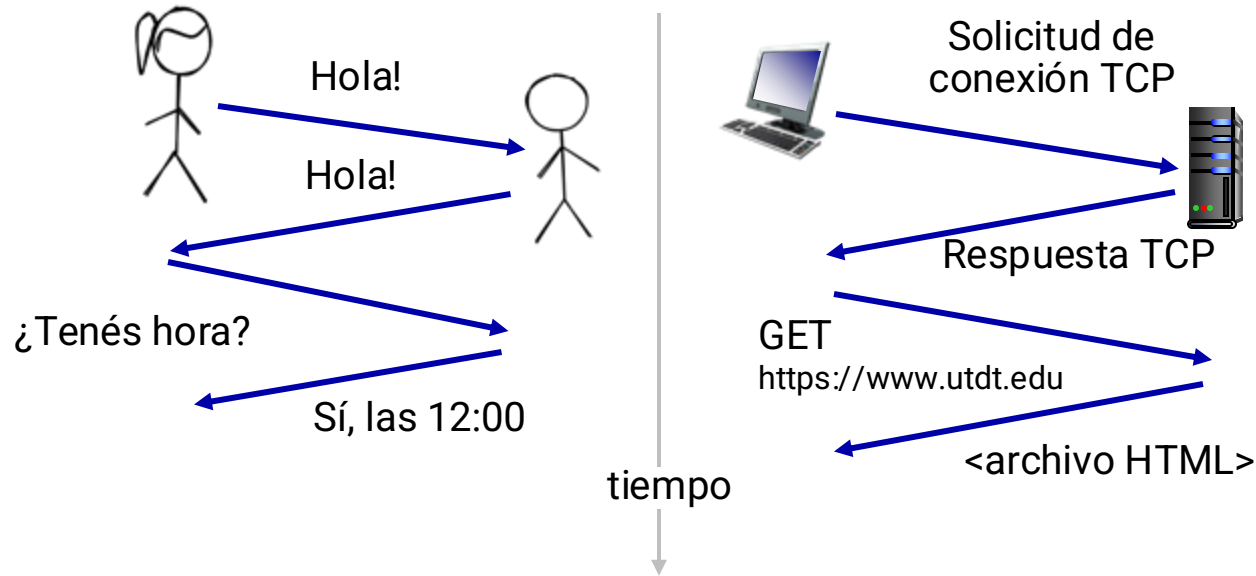
Protocolos de red

- Interlocutores: computadoras, no humanos
- **Toda** comunicación de Internet es regida por protocolos

Los *protocolos* definen tanto el *formato* y el *orden* de los mensajes intercambiados entre dispositivos en una red como las *acciones* tomadas al transmitirlos y recibirlos

¿Qué es un protocolo?

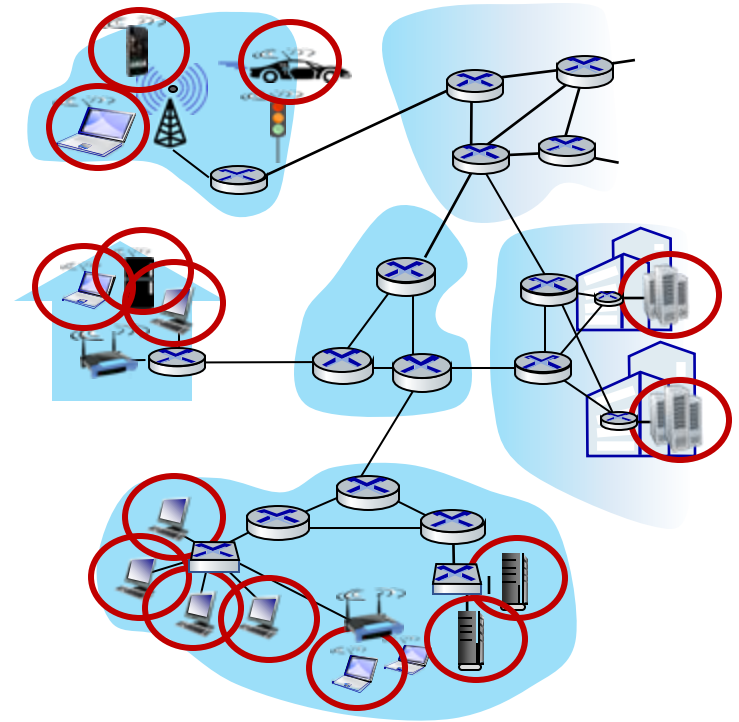
Protocolos de humanos y de redes de computadoras lado a lado:



La estructura de Internet

El *borde* de la red

- **Hosts:** clientes y servidores
- Servidores: típicamente en data centers



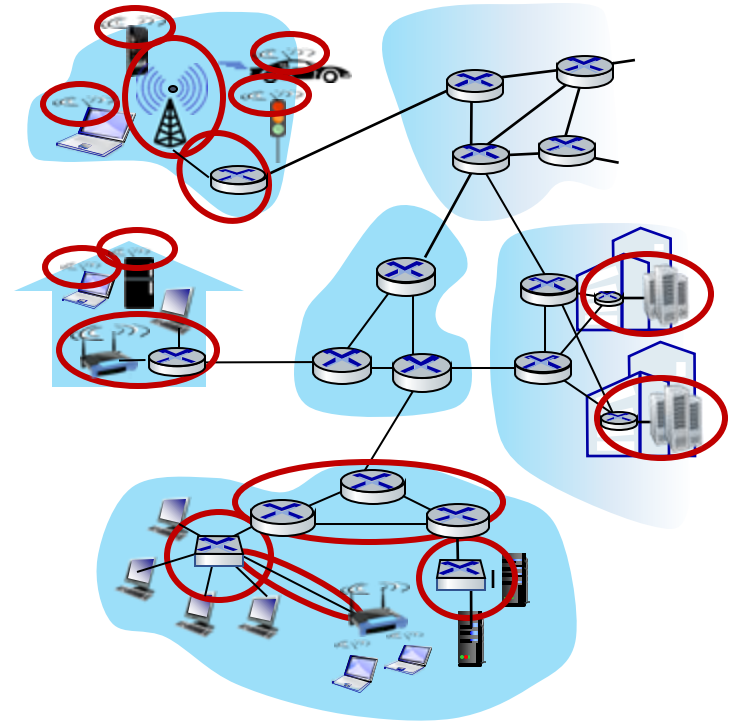
La estructura de Internet

El *borde* de la red

- **Hosts:** clientes y servidores
- Servidores: típicamente en data centers

Redes de acceso y medios físicos

- Enlaces cableados y *wireless*



La estructura de Internet

El *borde* de la red

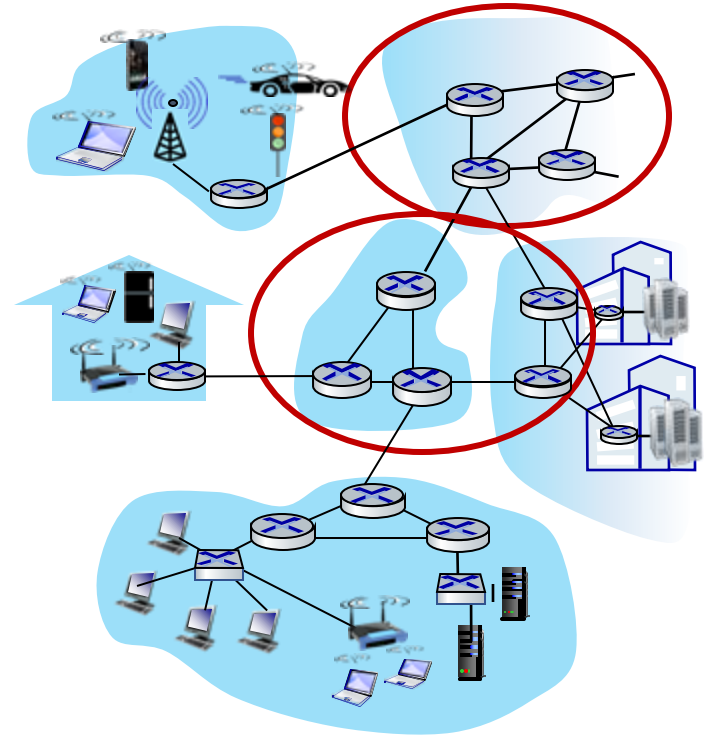
- **Hosts:** clientes y servidores
- Servidores: típicamente en data centers

Redes de acceso y medios físicos

- Enlaces cableados y *wireless*

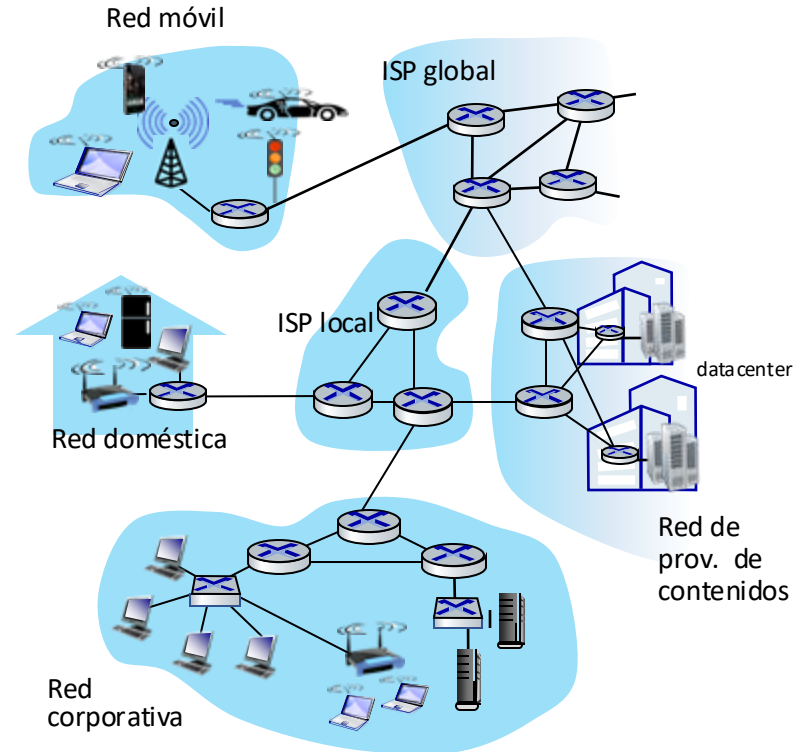
El *núcleo* de la red

- Routers interconectados
- Red de redes



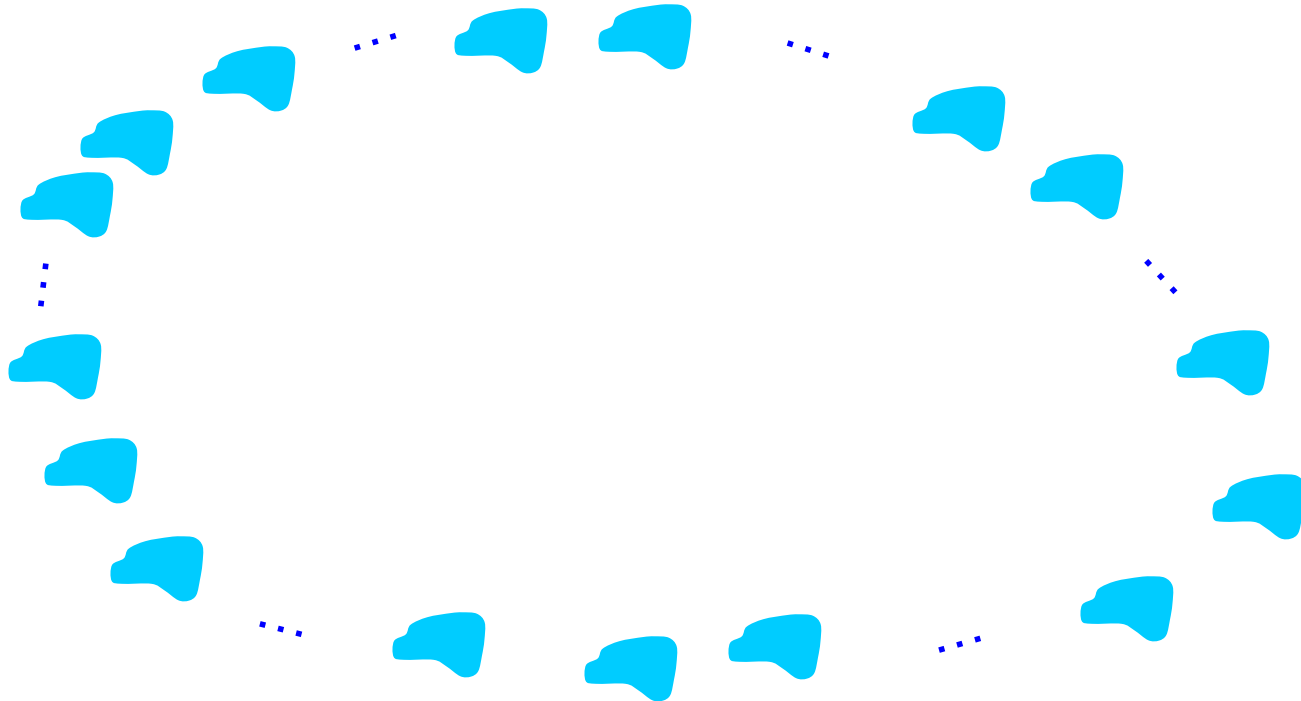
Internet: red de redes

- Los hosts se conectan a Internet a través de los ISPs (*Internet Service Providers*)
- A su vez, los ISPs deben estar interconectados
 - De este modo, un par cualquiera de hosts puede comunicarse e intercambiar paquetes
- Todo esto deriva una red de **estructura compleja**



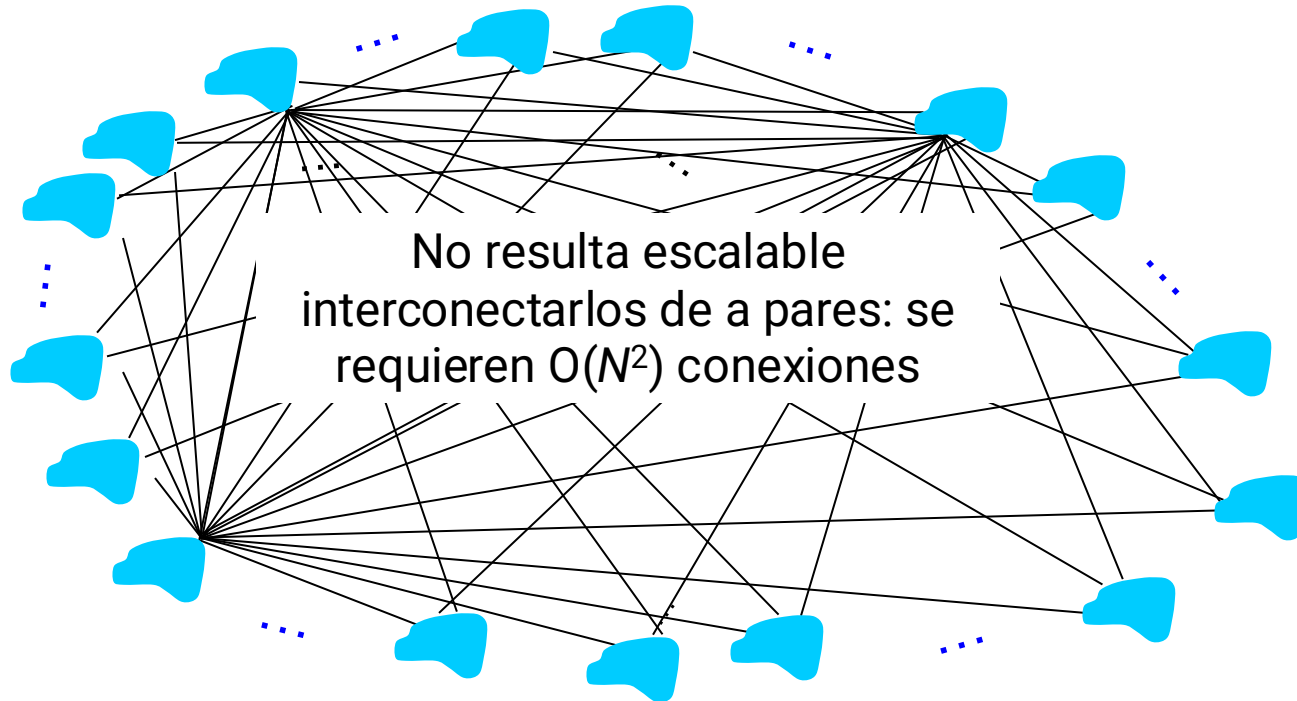
Internet: red de redes

¿Cómo podemos interconectar **millones** de ISPs?



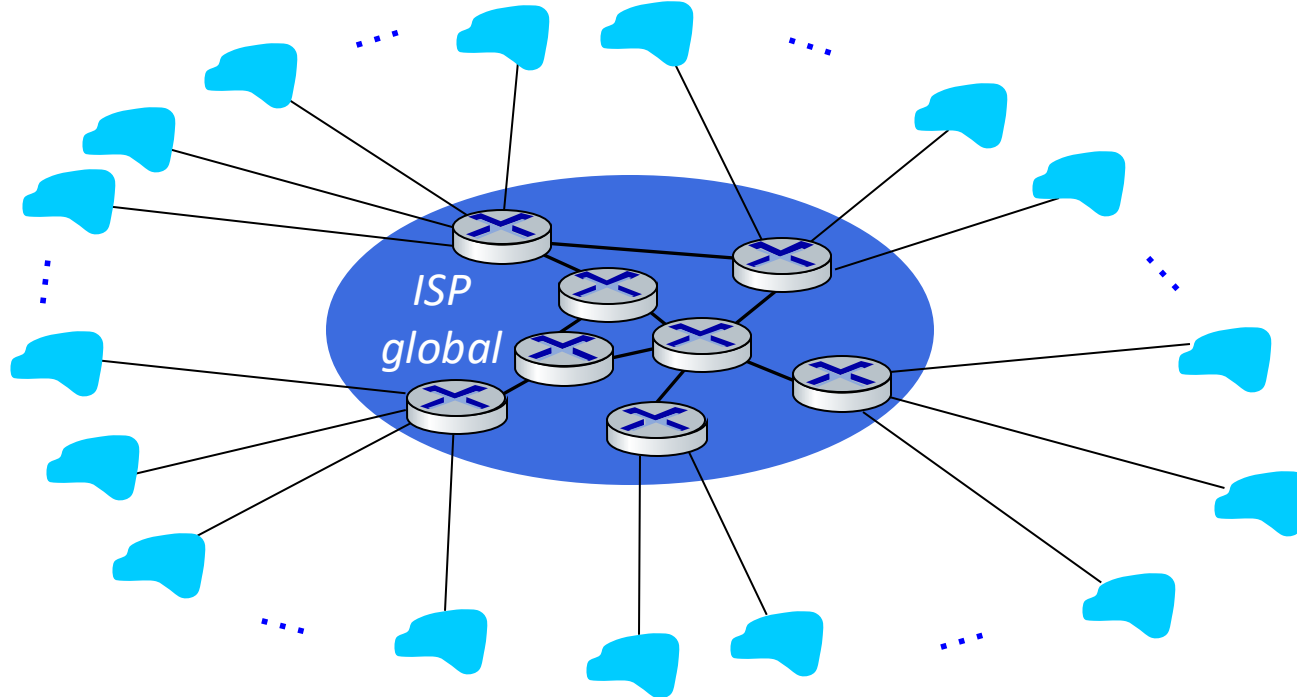
Internet: red de redes

¿Cómo podemos interconectar **millones** de ISPs?



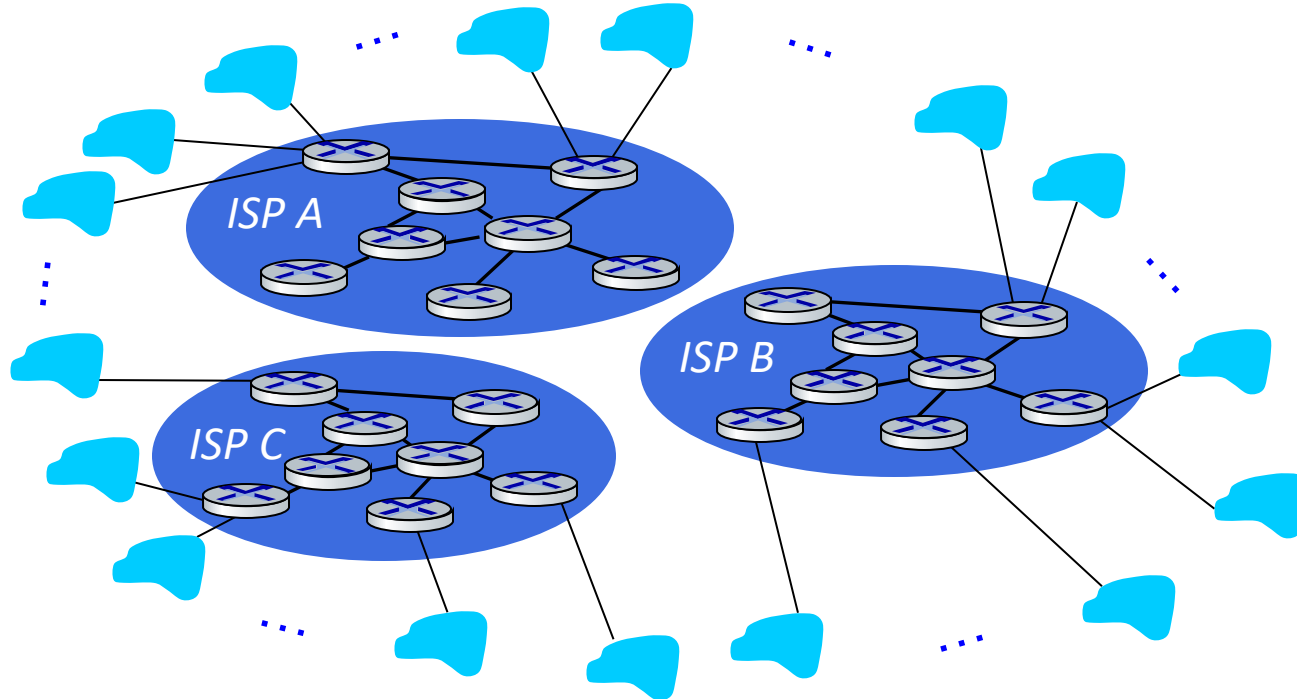
Internet: red de redes

Alternativa: conectar cada ISP a un gran ISP global
Los ISPs (clientes) abonan por este servicio



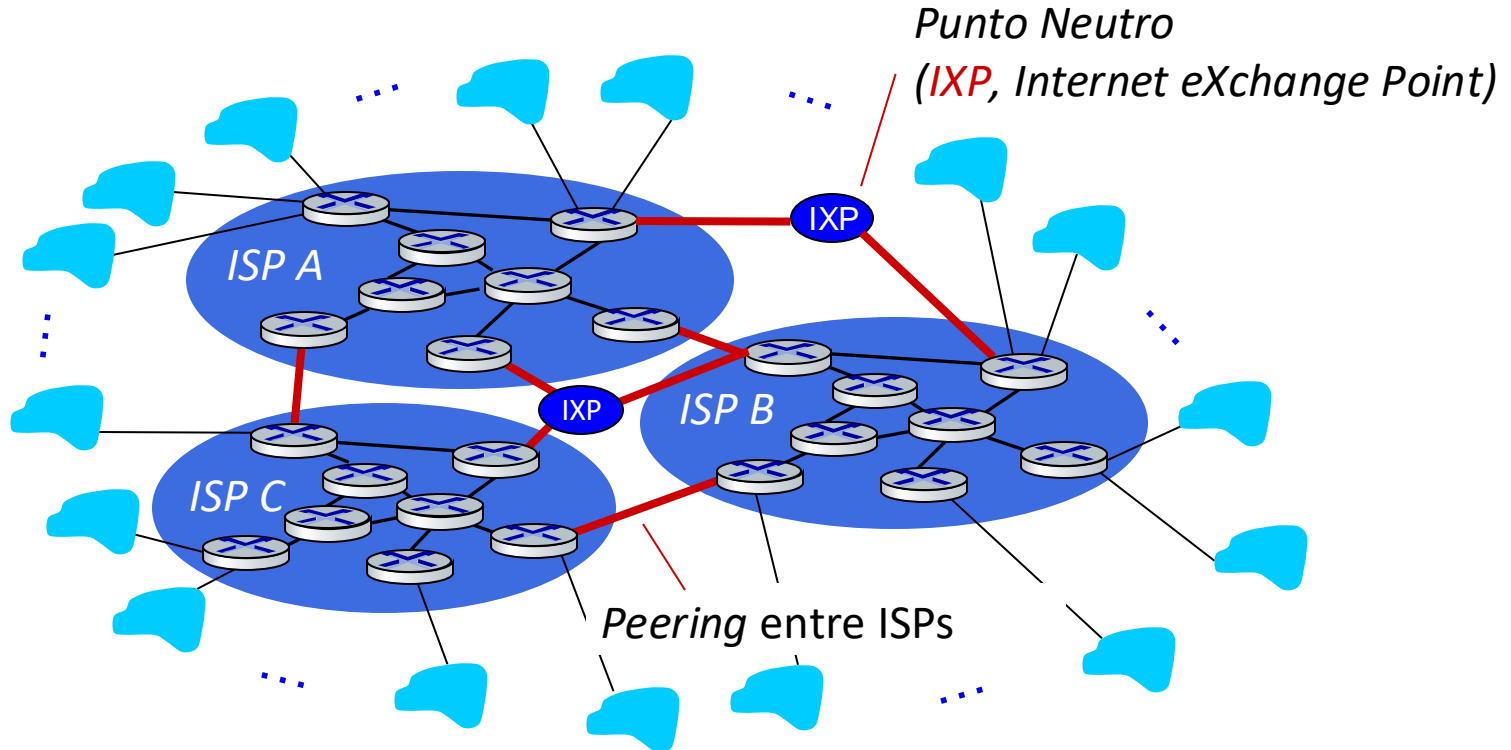
Internet: red de redes

Si este negocio resulta rentable, surgen naturalmente otros ISPs globales



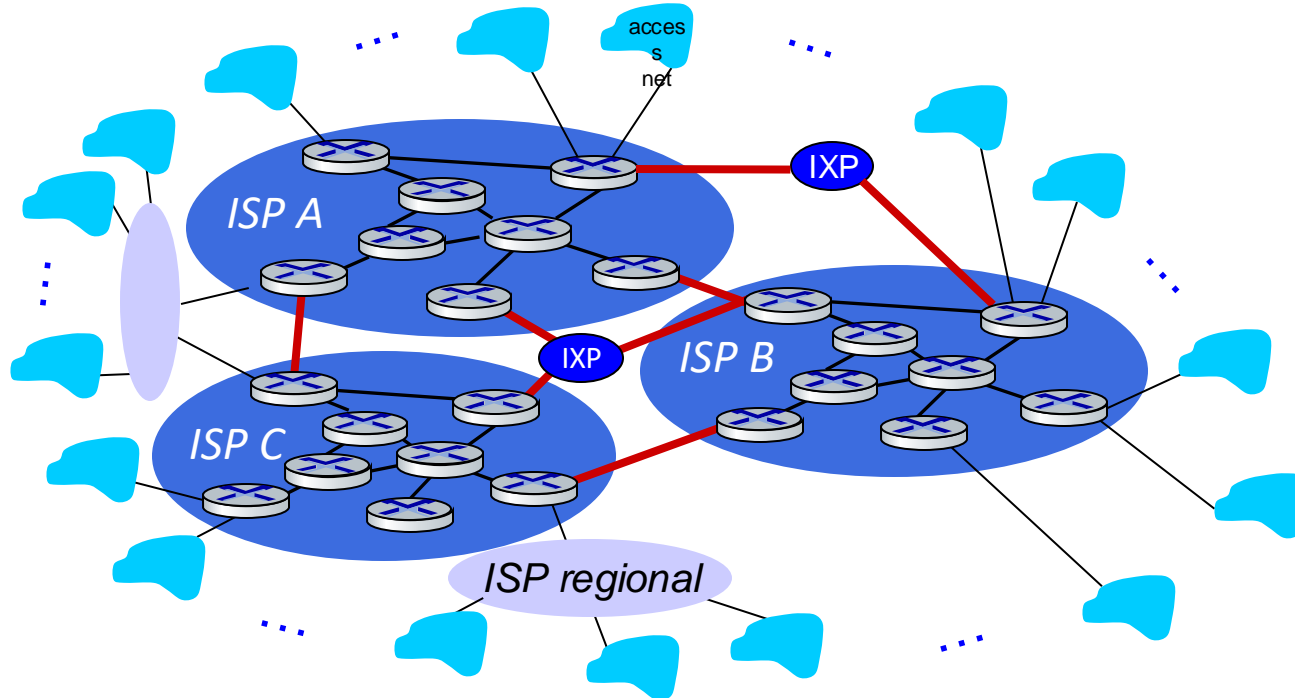
Internet: red de redes

Todos estos ISPs globales deben estar interconectados



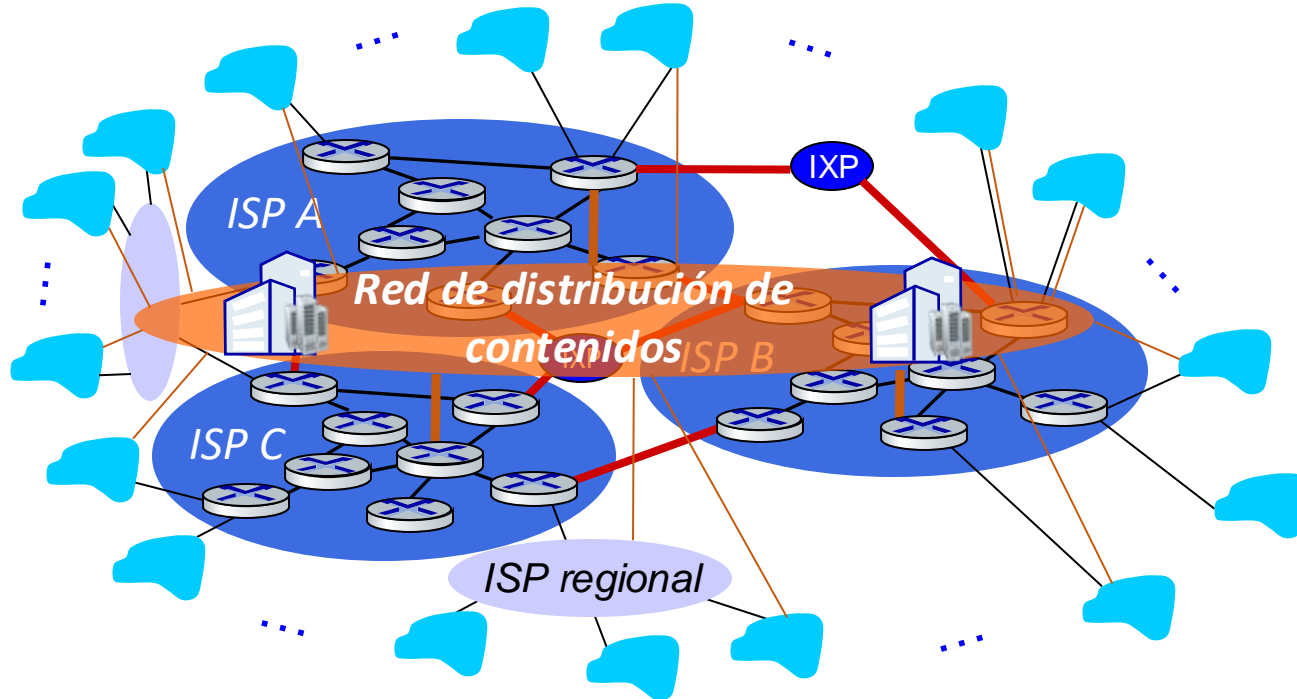
Internet: red de redes

La jerarquía también contempla ISPs regionales

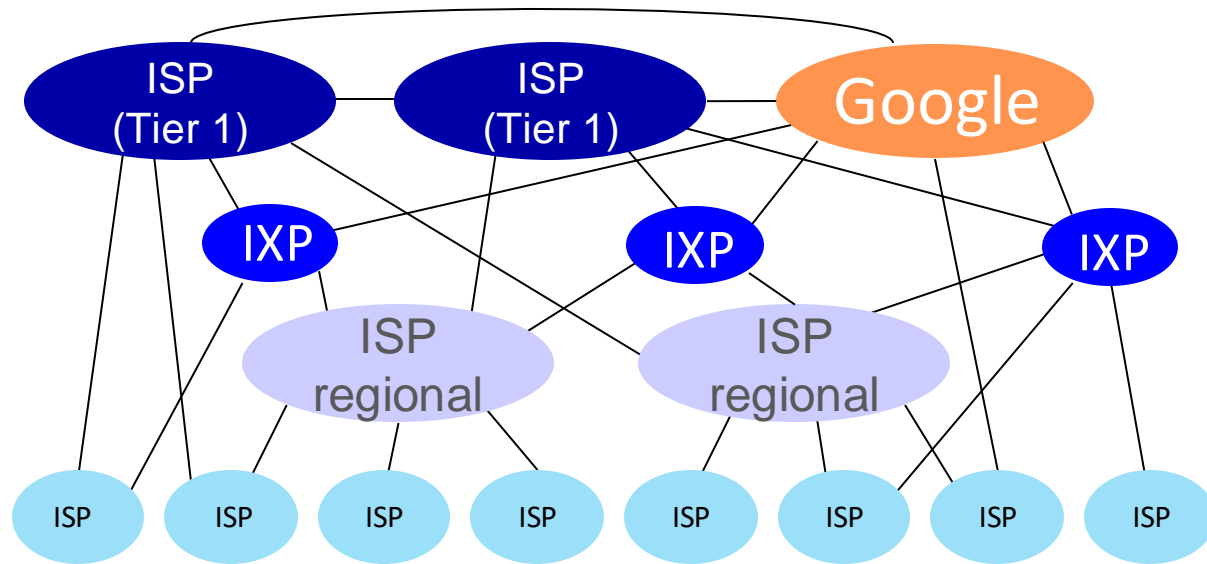


Internet: red de redes

Algunas empresas tienen sus propias redes de distribución de contenidos conectadas a distintos ISPs (e.g. Google, Akamai, Amazon, Netflix)



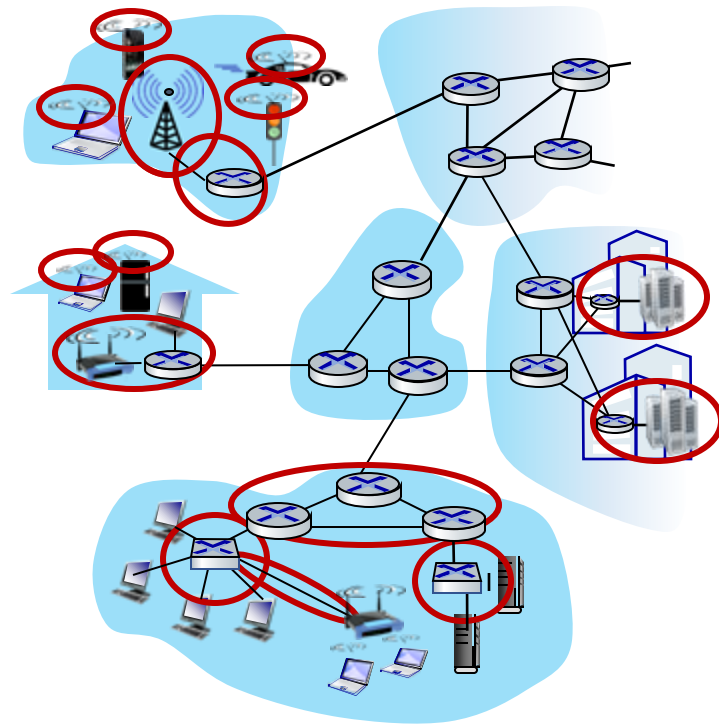
Internet: red de redes



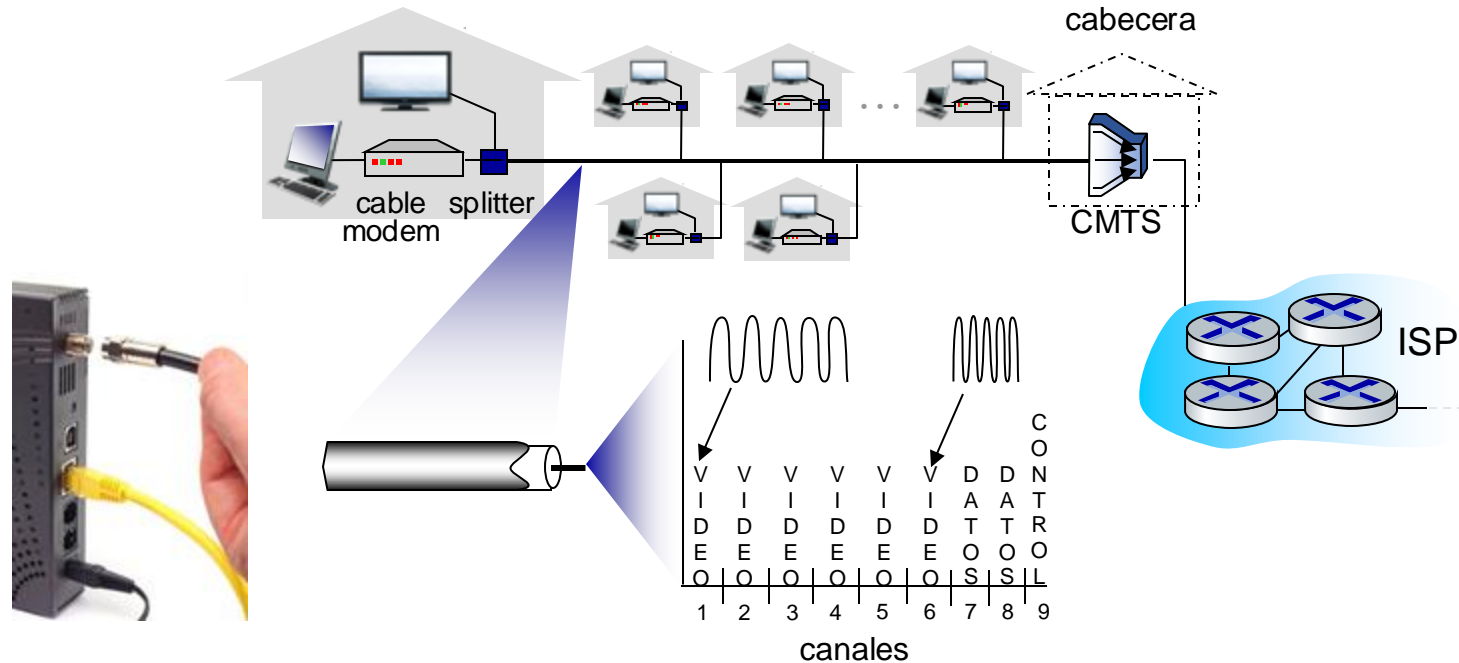
¿Cómo accedemos a Internet?

Conexión física de hosts con el primer router

- Redes de acceso doméstico
- Redes de acceso institucionales (e.g. universidad o empresas)
- Redes de acceso móviles (e.g. WiFi o 4G/5G)

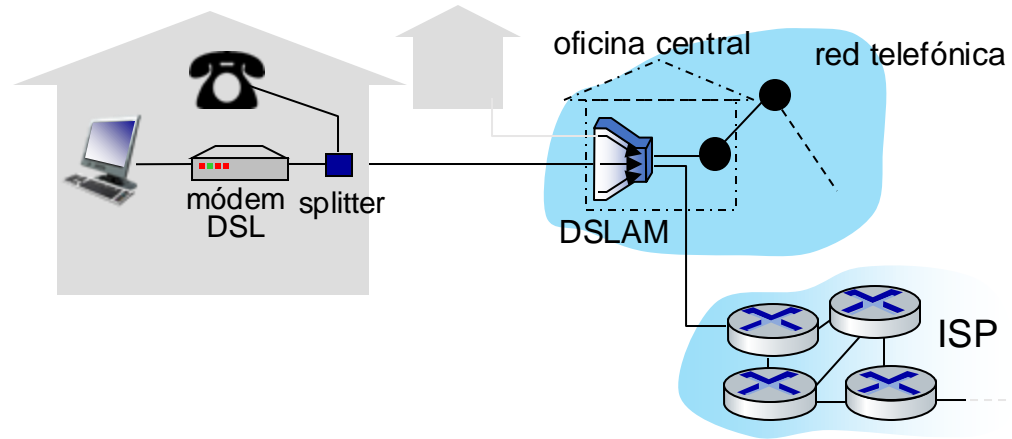


Redes de acceso: cable



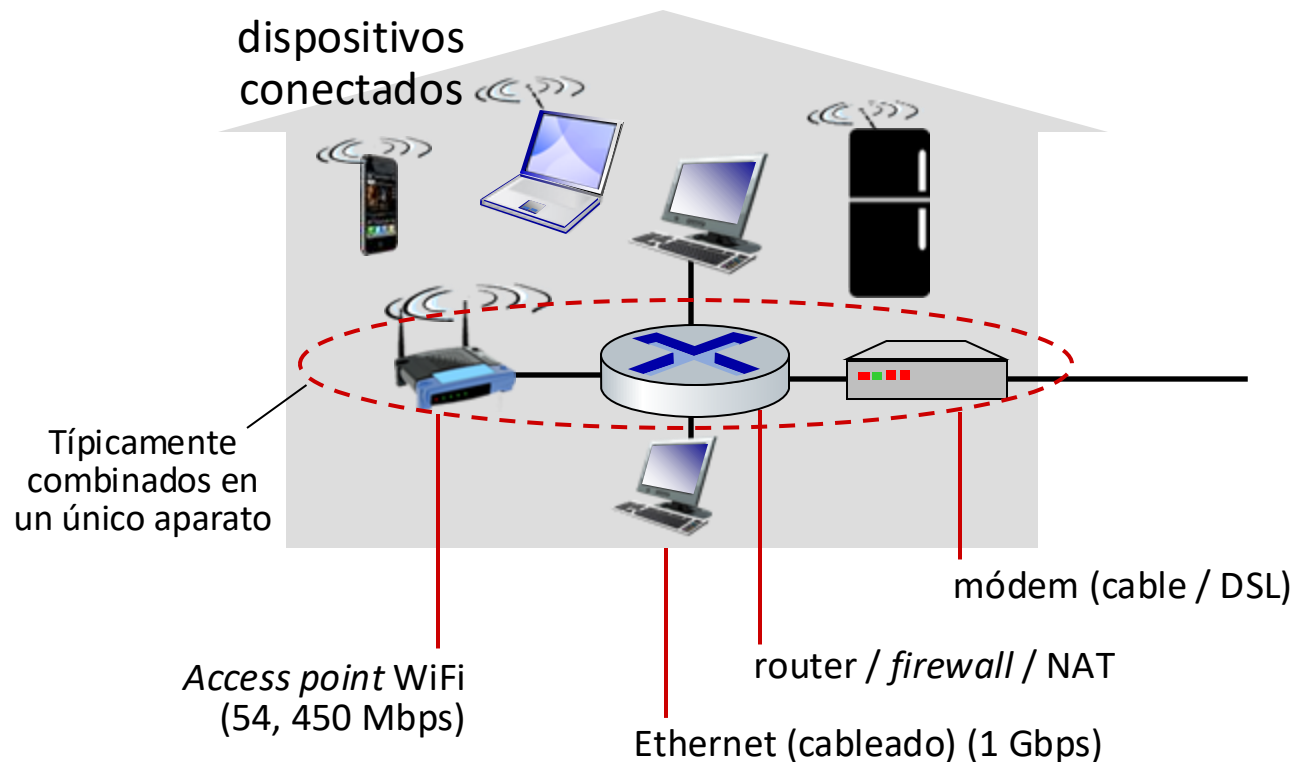
Multiplexación por División en Frecuencia (FDM): diferentes canales transmitidos en diferentes bandas de frecuencia

Redes de acceso: DSL



- Emplea la línea de teléfono preexistente (dedicada)
 - Transmisión en distintas frecuencias
 - Los datos sobre la línea DSL salen hacia Internet
 - La voz se redirige hacia la red telefónica

Redes de acceso: redes domésticas

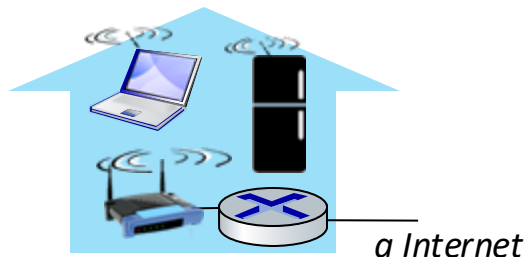


Redes de acceso inalámbricas

La red inalámbrica (compartida) conecta los hosts con el router mediante una estación base (*access point*)

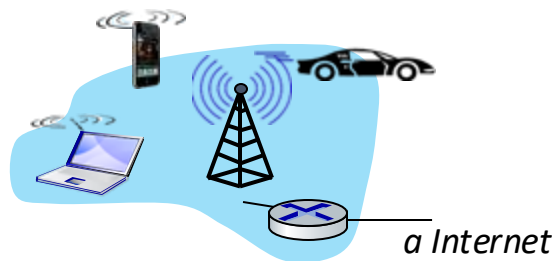
Redes inalámbricas locales (WLANs)

- En interiores; alcance de algunas decenas de metros
- 802.11b/g/n (WiFi): tasa de transmisión de 11, 54, 600 Mbps

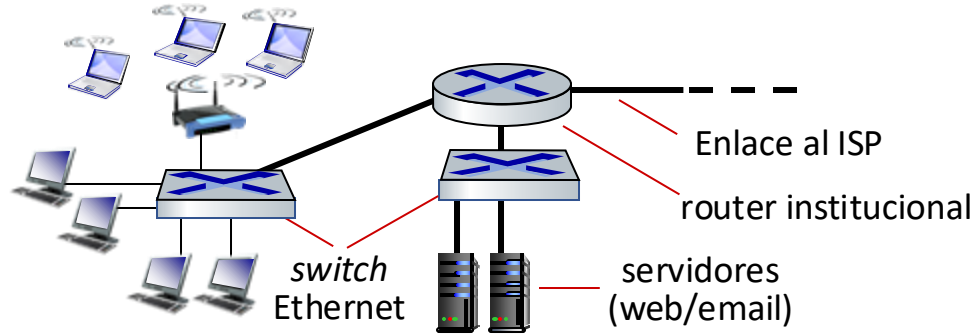


Redes de acceso celular

- Provistas por el operador de la red celular; de área amplia (decenas de kilómetros)
- Redes 4G de hasta 1 Gbps (5G próximamente; hasta ~20 Gbps)



Redes de acceso: redes corporativas



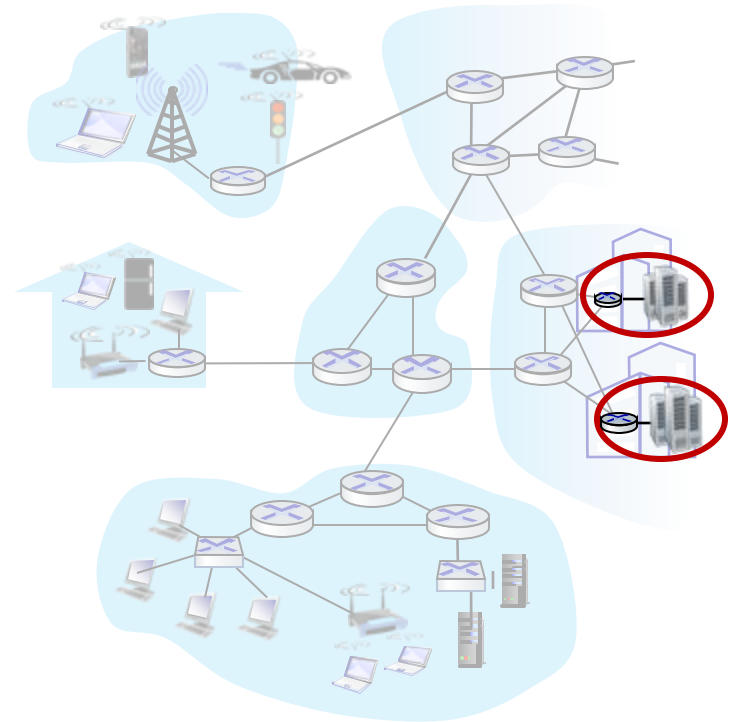
- Universidades, empresas, etc.
- Mezcla de tecnologías cableadas e inalámbricas conectando *switches* y routers
 - Ethernet: acceso cableado a 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
 - WiFi: access points inalámbricos a 11, 54, 600 Mbps (o más)

Redes de acceso: *datacenters*

- Interconexión de cientos/miles de servidores a altas velocidades (decenas o cientos de Gbps)



Datacenter de Google



Enlaces: medios físicos

- Entre pares de transmisores y receptores se propagan **bits**
- Dicha propagación ocurre a través de un **medio físico**
- **Medios guiados**
 - Las señales se propagan en medios sólidos (cables de cobre, fibra, coaxil)
- **Medios no guiados**
 - Las señales se propagan libremente (e.g., radio, canal satelital)

Par trenzado (*twisted pair*)

- Dos cables de cobre aislados (telefonía / Ethernet)
 - Categoría 5: Ethernet de 100 Mbps, 1 Gbps
 - Categoría 6: Ethernet de 10 Gbps



Enlaces: medios físicos

Par trenzado (*twisted pair*)



Enlaces: medios físicos

Cable coaxil

- Dos conductores de cobre concéntricos
- Bidireccional
- Banda ancha
 - Múltiples canales/frecuencias
 - Cientos de Mbps por canal



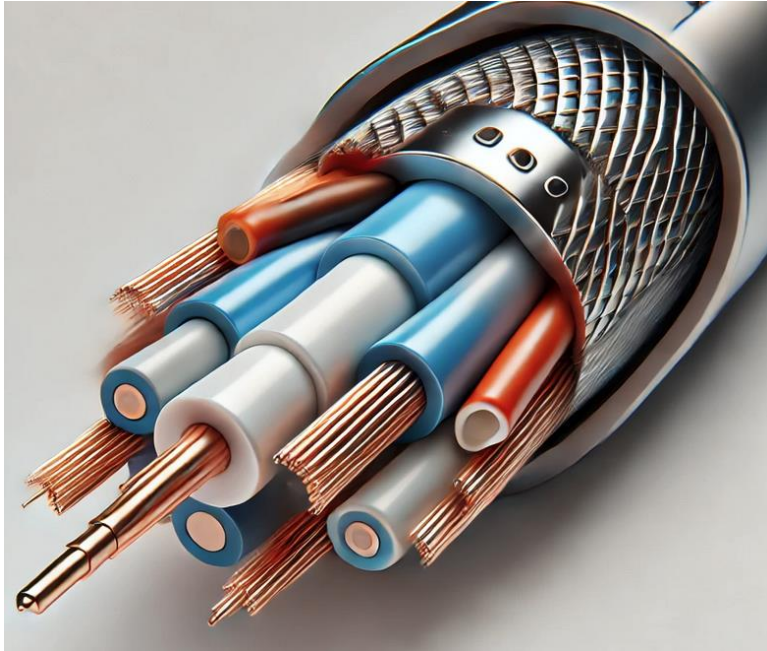
Fibra óptica

- Fibra de vidrio que transporta pulsos de luz (cada pulso es un bit)
- Opera a altas velocidades (hasta cientos de Gbps)
- Baja tasa de errores (inmune a interferencias electromagnéticas)
- Costo alto de dispositivos ópticos
- [Enlaces transoceánicos](#)



Enlaces: medios físicos

Cable coaxil



Fibra óptica



Enlaces: medios físicos

Cable coaxil



Fibra óptica



Enlaces: medios físicos

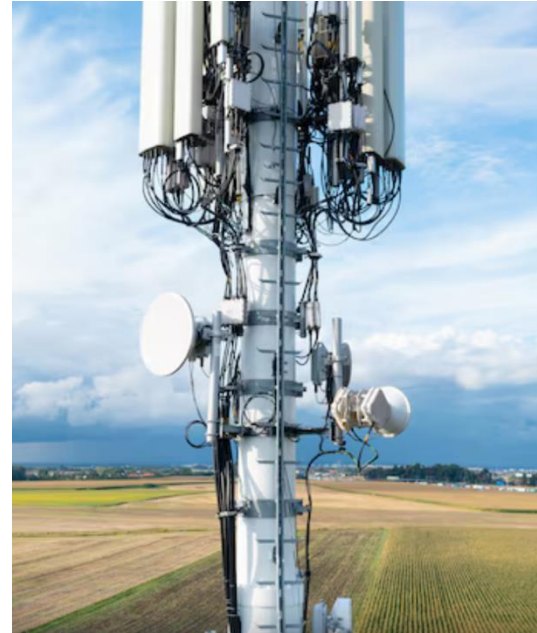
Canales de radio

- Señales transportadas en bandas del espectro electromagnético
- Sin cable físico
- Efectos del entorno de propagación:
 - Reflexión
 - Obstrucción por objetos
 - Interferencia
- Wireless LAN (WiFi)
 - Hasta cientos de Mbps (o más); decenas de metros
- Área amplia (4G)
 - Hasta 1 Gbps; ~10 Km
- Bluetooth
 - Distancias cortas; velocidades limitadas
- Microondas terrestres
 - Punto a punto; canales de 45 Mbps
- Satélites
 - Hasta 45 Mbps por canal
 - Latencias de ~280 mseg

Enlaces: medios físicos

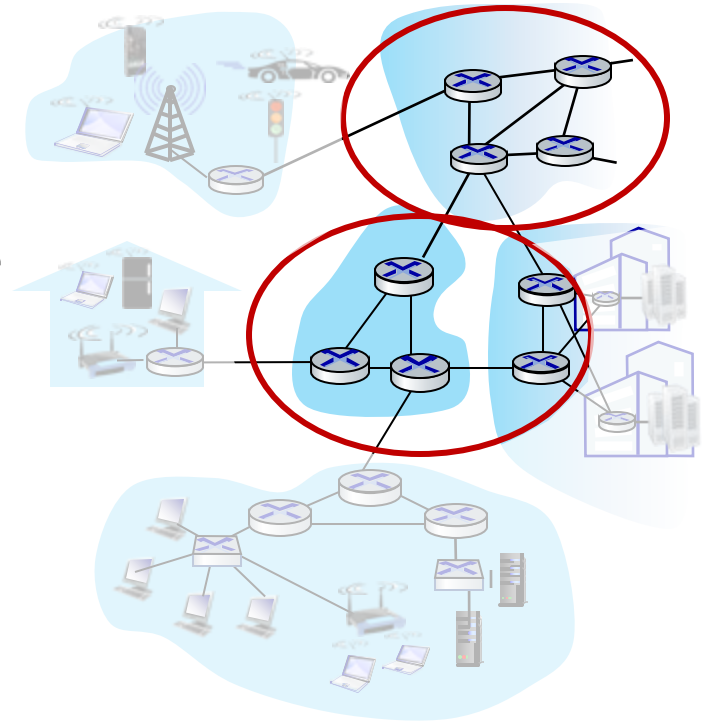
Canales de radio

- Área amplia (4G y 5G)



El núcleo de Internet

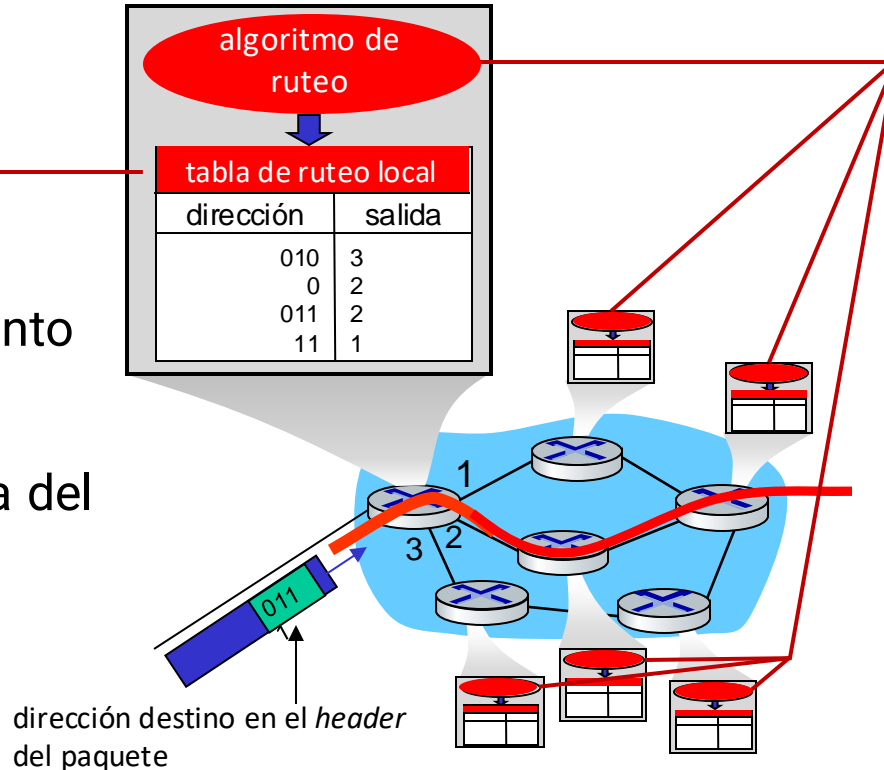
- Malla de routers interconectados
- Basado en **conmutación de paquetes** (*packet switching*)
- La red **reenvía** (*forwards*) paquetes de un router al siguiente a través de los enlaces que conforman el camino entre el origen y el destino



Packet switching: conmutación de paquetes

Forwarding

- Acción local
- Redireccionamiento de paquetes entrantes hacia enlaces de salida del router



Ruteo (routing)

- Acción global
- Determinación de los caminos a tomar por los paquetes
- A cargo de **algoritmos de ruteo**

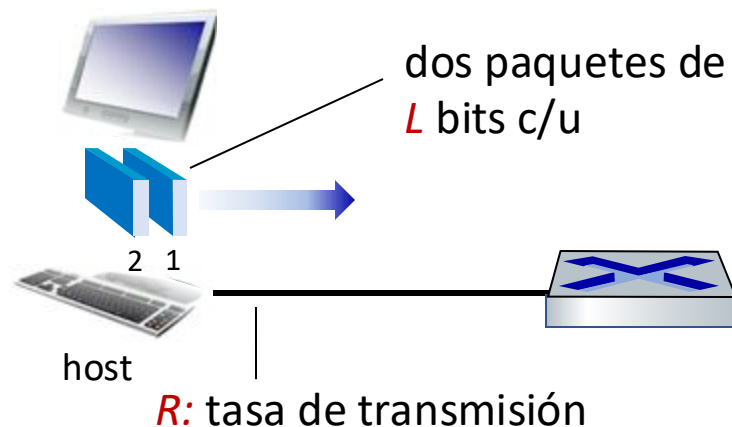
Paquetes y latencia de transmisión

Los hosts envían paquetes a la red:

- Toman un mensaje de la app
- Lo descomponen en porciones más chicas: *paquetes* de (digamos) L bits
- Transmiten el paquete a la red de acceso con una **tasa de transmisión** R (bits por segundo)

$$\text{Latencia (delay) de transmisión de un paquete} = \frac{\text{Tiempo requerido para transmitir } L \text{ bits por el enlace}}{L \text{ (bits)}} = \frac{L}{R} \text{ (bits/seg)}$$

https://media.pearsoncmg.com/api/vcs_kurose_com/network_7/cw/content/interactiveanimations/transmission-vs-propagation-delay/transmission-propagation-delay-ch1/index.html

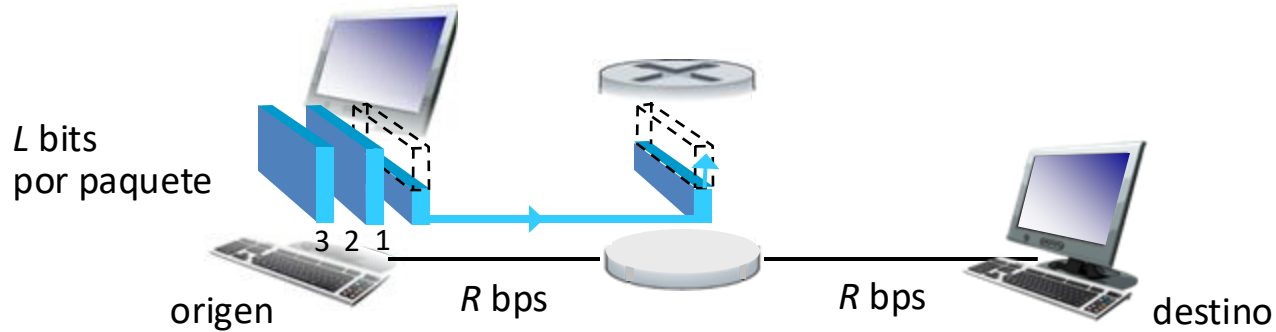


Ejemplo numérico

- $L = 10$ Kbits
- $R = 100$ Mbps
- Delay de transmisión

0.1 ms

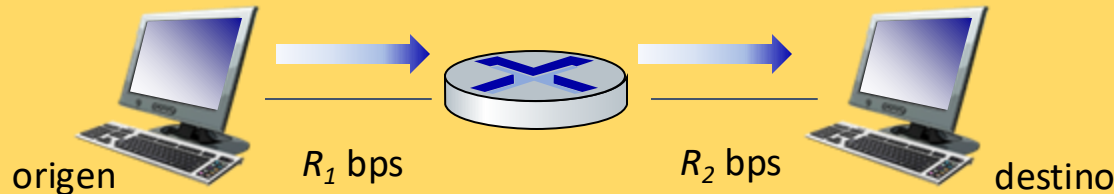
Conmutación de paquetes: *store-and-forward*



- Como vimos antes, toma L/R segundos transmitir un paquete por el enlace a tasa R bps
- El paquete debe llegar **completo** al router antes de poder redirigirse al siguiente enlace (*store-and-forward*)

Ejercicio!

Supongamos un escenario en el que existe exactamente un switch entre dos hosts (uno envía, el otro recibe). Las tasas de transmisión en ambos tramos de conexión son de R_1 y R_2 respectivamente. Asumiendo el uso de store-and-forward, ¿Cuál es el tiempo total para enviar un paquete de longitud L ?



Ejercicio!

En tiempo t_0 el host origen empieza a transmitir. En tiempo $t_1 = L/R_1$ se completa la transmisión y el paquete entero es recibido por el switch, que puede comenzar a transmitir al host de destino. En tiempo $t_2 = t_1 + L/R_2$ el switch completa la transmisión y el paquete completo es recibido por el host destino. De esta manera, el tiempo total es: $L/R_1 + L/R_2$.

