

# Capítulo 1: Introducción - III

ELO322: Redes de Computadores  
Agustín J. González

Este material está basado en:

- Material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet 3rd* edition. Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2004.

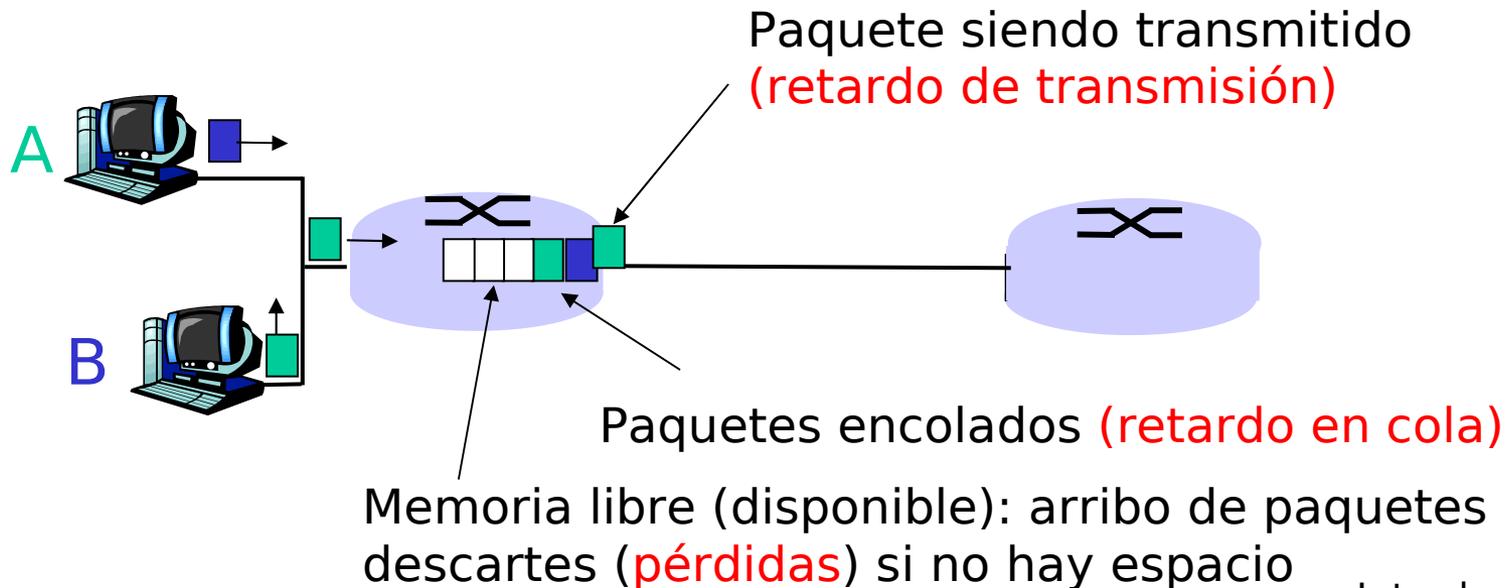
# Introducción

- 1.1 ¿Qué es la Internet?
- 1.2 Red periférica
- 1.3 Red central (core)
- 1.4 Red de acceso y medios físicos
- 1.5 Estructura de Internet e ISPs
- 1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados
- 1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio
- 1.8 Historia (lectura personal)

# ¿Cómo ocurren las pérdidas y retardos?

Los paquetes son *encolados* en la memoria de cada router

- ❑ Tasa de arribo de paquetes puede exceder la capacidad de salida del enlace
- ❑ Los paquetes son encolados, y esperan por su turno



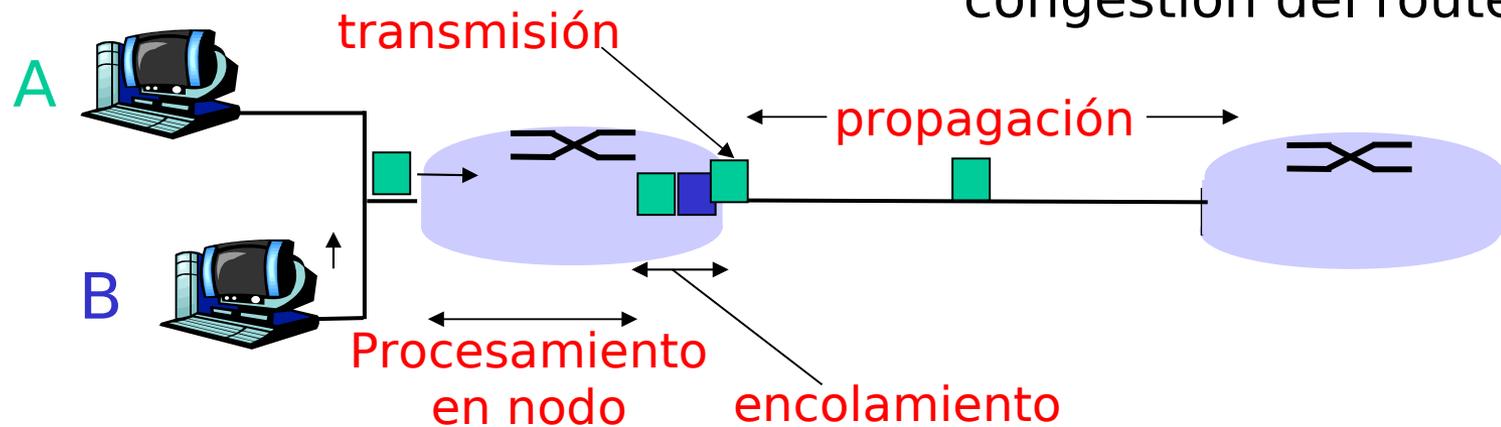
# Cuatro fuentes de retardo de paquetes

## ❑ 1. Retardo de procesamiento en el nodo:

- Chequeo de bits de error
- Determinar el enlace de salida

## ❑ 2. Retardo de encolamiento

- Tiempo esperado en la cola para que los paquetes anteriores sean transmitidos
- Depende del nivel de congestión del router



# Retardo en redes de paquetes conmutados

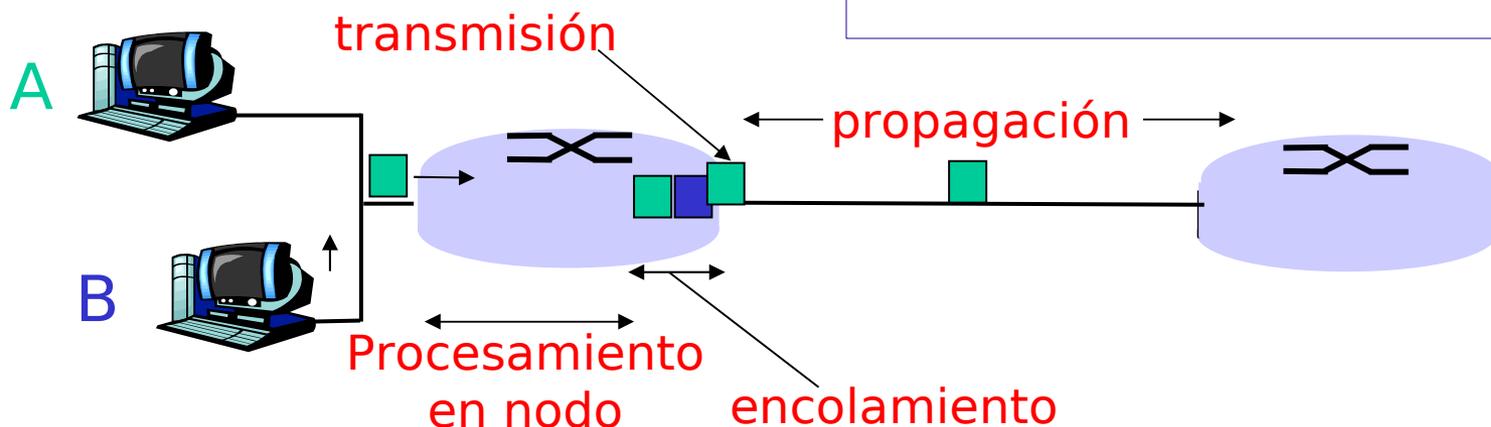
## ❑ 3. Retardo de transmisión:

- $R$  = ancho de banda del enlace (bps)
- $L$  = largo del paquete (bits)
- Tiempo de envío =  $L/R$

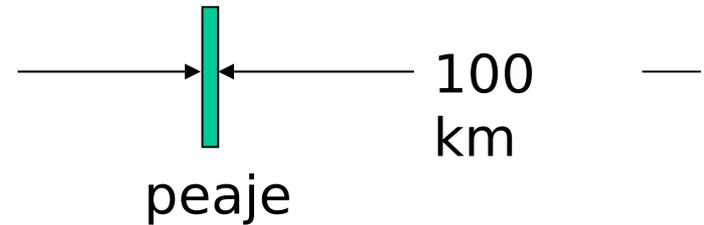
## ❑ 4. Retardo de propagación:

- $d$  = largo del enlace físico
- $s$  = rapidez de propagación en medio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- Retardo de propagación =  $d/s$

**Nota:**  $s$  y  $R$  son cantidades *muy* diferentes!

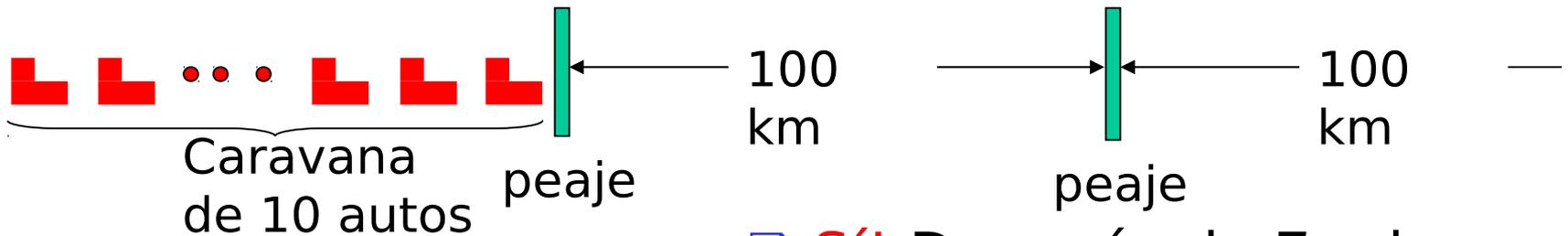


# Caravana como analogía



- ❑ Autos se “propagan” a 100 km/hr
  - ❑ Peaje demora 12 s para atender un auto (tiempo de transmisión)
  - ❑ Auto ~ bit; caravana ~ paquete
  - ❑ Q: ¿En cuánto tiempo la caravana llega al 2do peaje?
- ❑ Tiempo para pasar la caravana por el 1er peaje =  $12 * 10 = 120$  s
  - ❑ Tiempo de propagación del último auto hasta 2do peaje:  $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$  h
  - ❑ A: 62 minutos

# Caravana como analogía (más)



- Ahora los autos se “propagan” a 1000 km/h
- Peaje se demora 1 min en atender un auto.
- Q: ¿Llegarán autos al 2do peaje antes que todos paguen le primero?

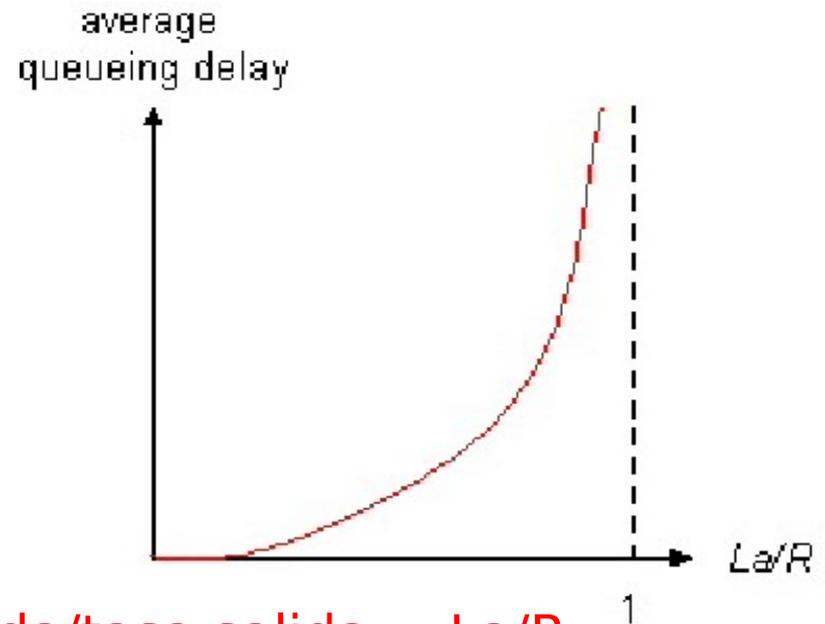
- **Sí!** Después de 7 min, 1ero llega al 2do peaje y 3 autos aún están en 1er peaje.
- 1er bit de un paquete puede llegar al 2do router antes que el paquete es completamente transmitido en 1er router!
  - Esta situación es el caso común en Ethernet.

# Retardo desde llegada a un nodo a llegada al otro

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- $d_{\text{proc}}$  = retardo de procesamiento
  - Típicamente unos pocos microsegundos o menos
- $d_{\text{cola}}$  = retardo de espera en cola
  - Depende de la congestión (tráfico en nodo)
- $d_{\text{trans}}$  = retardo de transmisión
  - $= L/R$ , significativo en enlaces de baja velocidad
- $d_{\text{prop}}$  = retardo de propagación
  - De pocos microsegundos a cientos de milisegundos

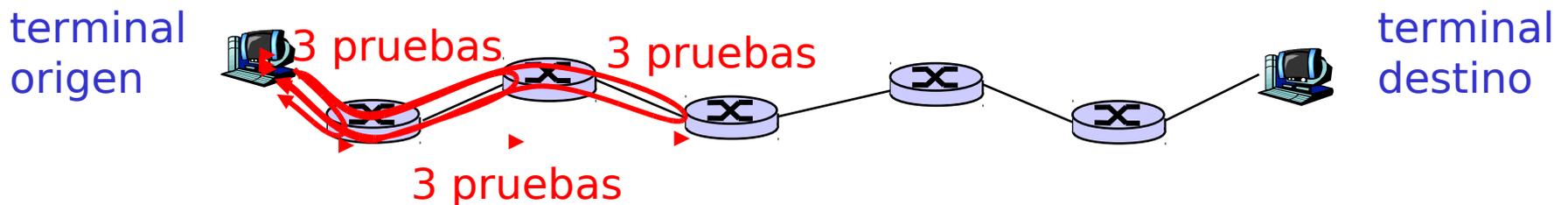
# Retardo de encolamiento (revisitado)



- ❑  $R$ =bandwidth del enlace de salida [bit/s]
- ❑  $L$ =largo del paquete [bit], asumiremos cte.
- ❑  $a$ =tasa promedio de arribo de paquetes [paquetes/s]
- ❑  $La = n^\circ$  bits/s de entrada
- ❑ Intensidad de tráfico=tasa llegada/tasa salida =  $La/R$
- ❑ Pregunta: ¿Qué pasa con diferentes valores de  $La/R$ ?
  - ❑  $La/R \sim 0$ :  $\Rightarrow$  pequeño retardo de encolamiento
  - ❑  $La/R \rightarrow 1$ : retardo se hace grande
  - ❑  $La/R > 1$ : llega más “trabajo” que el posible de servir, retardo promedio tiende a infinito!

# Retardo “Real” en Internet y rutas

- ❑ ¿Cuáles son los retardos reales en Internet y las rutas de los paquetes?
- ❑ **Programa traceroute:** entrega medidas del retardo desde el terminal de origen hacia cada router en la ruta al destino en Internet.  
(en windows **tracert**)
- ❑ Para cada router  $i$ :
  - manda tres paquetes que van a llegar al router  $i$  en la ruta hacia el destino
  - router  $i$  le devuelve paquetes de información al terminal origen
  - terminal de origen mide el intervalo entre transmisión y respuesta.



# Retardo “Real” en Internet y rutas

En windows usar > tracert www.eurocom.fr

## ❑ Probar: traceroute www.eurocom.fr

agustin@pcagv:~\$ traceroute www.google.cl

```
traceroute to www.google.cl (64.233.163.104), 30 hops max, 60 byte packets
 1  elo-gw.elo.utfsm.cl (200.1.17.1) 0.479 ms 0.938 ms 1.123 ms
 2  telmex-gw.usm.cl (200.1.20.131) 2.286 ms 2.355 ms 2.343 ms
 3  border-gw.usm.cl (200.1.20.130) 2.302 ms 2.331 ms 2.319 ms
 4  ge-1-1-0.452.ar1.SCL1.gblx.net (208.178.62.9) 5.300 ms 5.357 ms 5.476 ms
 5  te4-3-10G.ar3.SCL1.gblx.net (67.16.130.78) 5.319 ms 7.266 ms 7.404 ms
 6  72.14.216.105 (72.14.216.105) 7.308 ms 5.997 ms 5.942 ms
 7  209.85.240.138 (209.85.240.138) 5.989 ms 5.120 ms 6.961 ms
 8  72.14.238.48 (72.14.238.48) 53.155 ms 72.14.233.134 (72.14.233.134)
    51.959 ms 51.948 ms
 9  72.14.233.91 (72.14.233.91) 52.973 ms 72.14.233.95 (72.14.233.95)
    51.146 ms 52.047 ms
10  64.233.175.62 (64.233.175.62) 55.207 ms 55.211 ms 56.045 ms
11  bs-in-f104.1e100.net (64.233.163.104) 51.918 ms 51.869 ms 54.939 ms
```

# Pérdida de paquetes

- ❑ Buffer de encolamientos en conmutadores tiene capacidad finita
- ❑ Cuando un paquete llega a una cola llena, el paquete es descartado (pérdida)
- ❑ Paquetes perdidos pueden ser retransmitidos por nodo previo o por el computador fuente, o bien no retransmitido nunca.

# Introducción

- 1.1 ¿Qué es la Internet?
- 1.2 Red periférica
- 1.3 Red central (core)
- 1.4 Red de acceso y medios físicos
- 1.5 Estructura de Internet e ISPs
- 1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados
- 1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio
- 1.8 Historia (lectura personal)

# “Capas” de Protocolos

## Las redes son complejas!

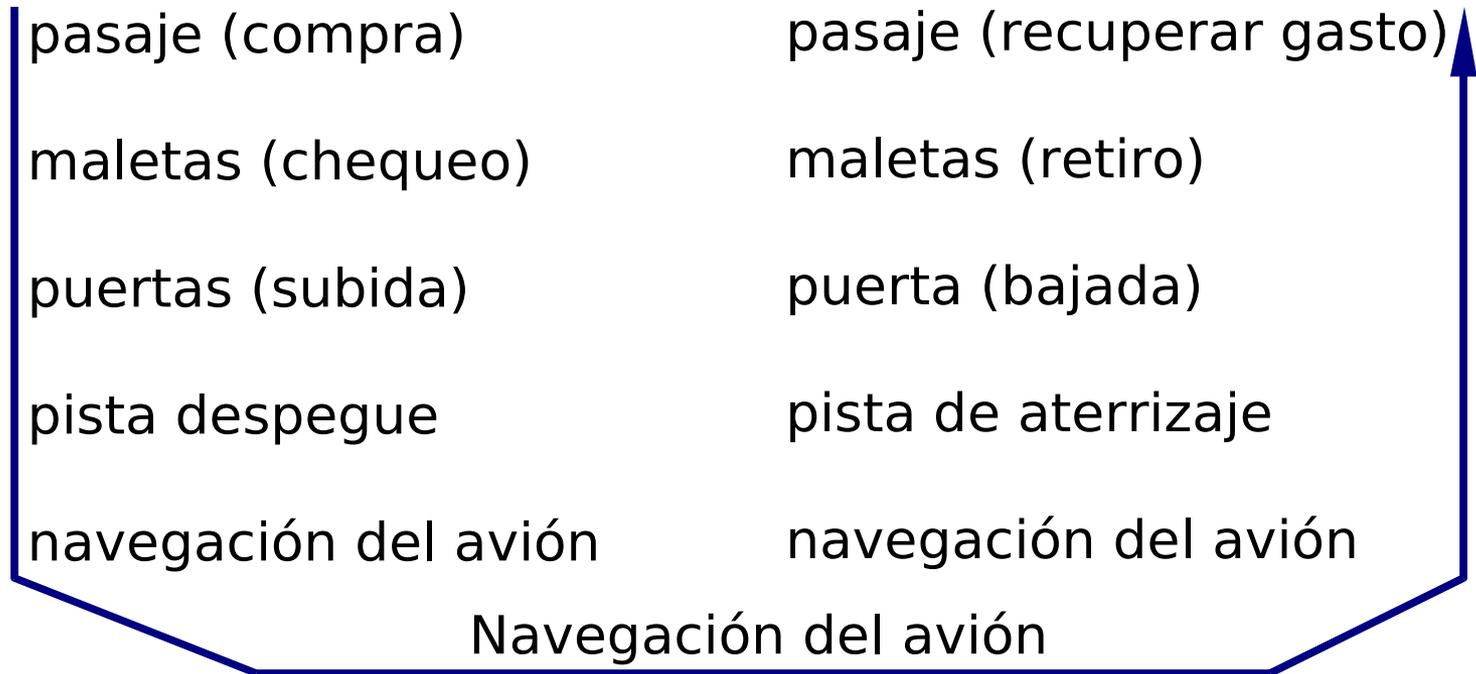
- Muchos “componentes”:
  - hosts
  - routers
  - enlaces de varios medios
  - aplicaciones
  - protocolos
  - hardware, software

## Pregunta:

Hay alguna esperanza de *organizar* la estructura de la red?

O al menos nuestra discusión de la red?

# Ejemplo sistema complejo: Transporte Aéreo



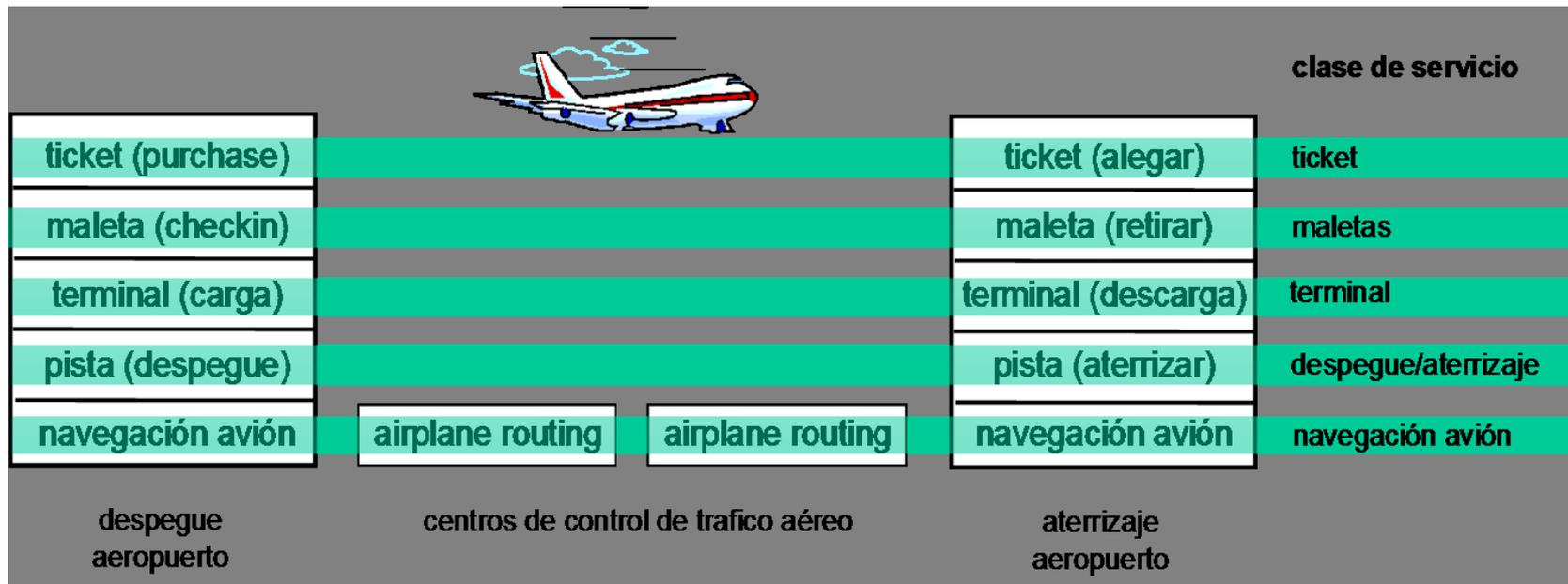
- Una serie de pasos

# ¿Por qué usar capas?

Nos enfrentamos a **sistemas complejos**:

- ❑ Estructura explícita permite identificación y relación de la partes complejas del sistema
  - modelo de referencia de capas para **análisis y discusión**
- ❑ **Modularización facilita** **mantención**, actualización del sistema
  - Cambio de la implementación de la capa de servicio es transparente al resto del sistema
  - e.g., cambio en procedimiento puertas (caso avión) no afecta al resto

# Capas en el funcionamiento de una aerolínea

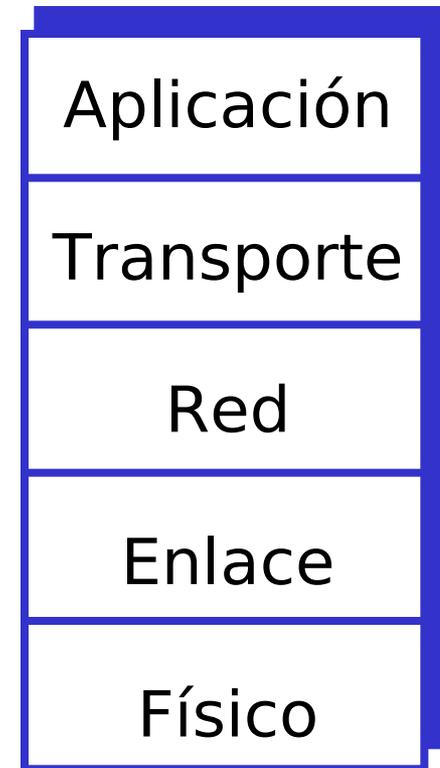


**Capas:** cada capa implementa una **clase de servicio**

- a través de acciones internas a esa capa
- depende de servicios provistos por capas más abajo

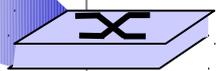
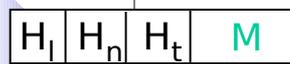
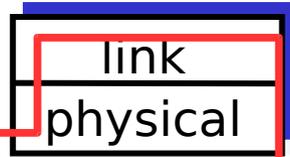
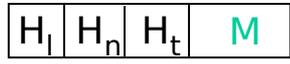
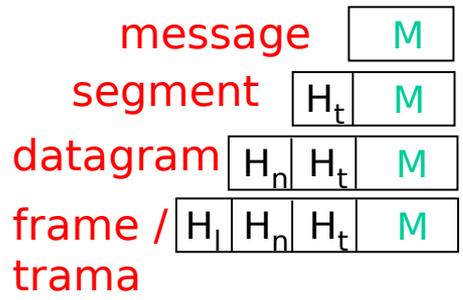
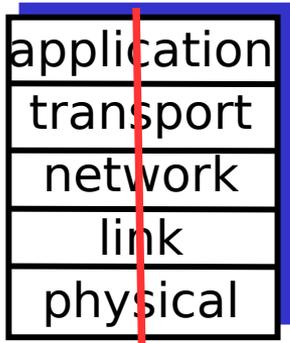
# Pila de protocolos en Internet (protocol stack) – modelo TCP/IP

- ❑ **aplicación:** compuesto por las aplicaciones de red
  - SSH, SMTP, HTTP, Messenger, Skype, etc
- ❑ **transporte:** transferencia de datos host-host para una aplicación específica
  - **TCP, UDP**, SCTP (2000), DCCP (2006)
- ❑ **red:** ruteo de datagramas desde fuente a destino
  - IP, protocolos de ruteo
- ❑ **enlace:** transferencia de datos entre elementos vecinos en la red
  - PPP, Ethernet, Wifi
- ❑ **físico:** transporte de bits “en el cable”
- ❑ El modelo OSI (Open System Interconnection) incluye capas de Presentación y Sesión adicionales no incluidos en el modelo TCP/IP



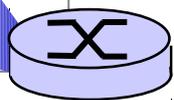
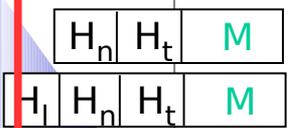
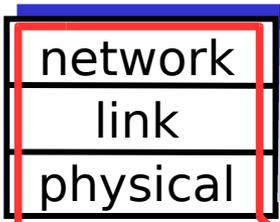
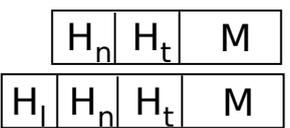
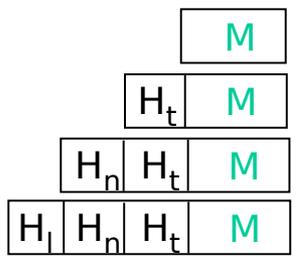
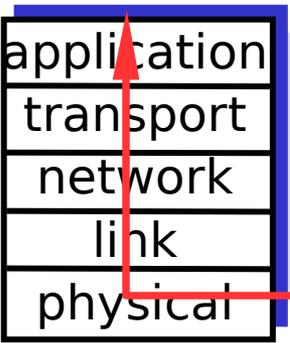
# Encapsular

fuente



**switch  
capa 2**

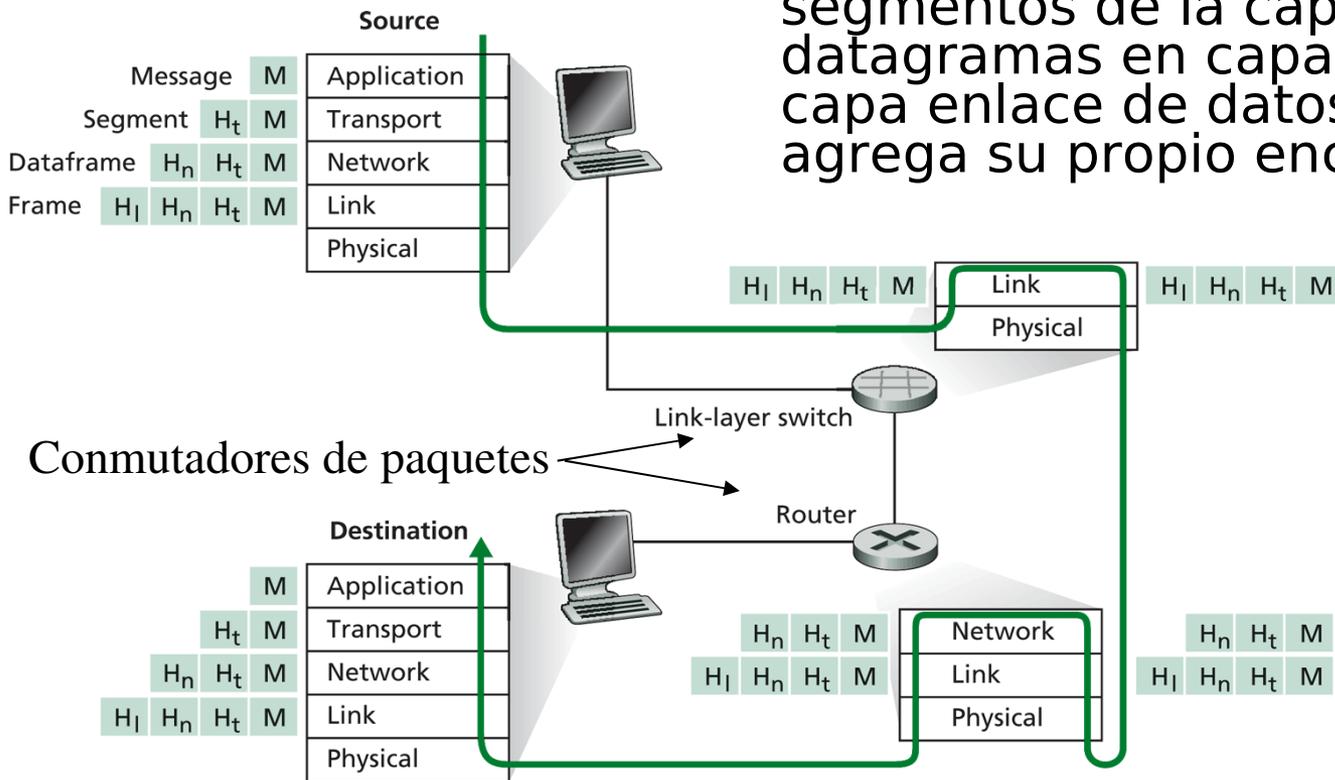
destino



**router  
capa 3**

# Unidades de información: mensajes, segmentos, datagramas y tramas

- Unidades de información intercambiadas por las distintas capas: Mensajes de nivel aplicación, segmentos de la capa transporte, datagramas en capa red y tramas en capa enlace de datos. Cada capa agrega su propio encabezado.



**Figure 1.18** ♦ Hosts, routers, and link-layer switches; each contains a different set of layers, reflecting their differences in functionality

# Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

1.4 Red de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet y ISPs

1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal)

Resumen 

# Historia de Internet:

ver también:

<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>

[http://www.computerhistory.org/internet\\_history/](http://www.computerhistory.org/internet_history/)

## *1961-1972: Principios sobre packet-switching*

- ❑ **1961:** Leonard Kleinrock - Teoría de colas muestra efectividad de packet-switching
- ❑ **1964:** Baran - packet-switching en redes militares
- ❑ **1967:** ARPAnet concebida por Advanced Research Projects Agency
- ❑ **1969:** primer nodo ARPAnet operacional usando IMP (Internet Message Processor)



- ❑ **1972:**
  - ARPAnet demostrado públicamente
  - NCP (Network Control Protocol) primer protocolo host-host => TCP
  - 1° programa e-mail
  - ARPAnet tiene 15 nodos

# Historia de Internet

## *1972-1980: Redes de comp., nuevas y propietarias*

- ❑ 1970: ALOHAnet red satelital en Hawaii
- ❑ 1973: Tesis de PhD de Metcalfe propone Ethernet
- ❑ 1974: Cerf and Kahn - Arquitectura para interconectar redes
- ❑ late70's: arquitecturas propietarias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ late 70's: Conmutación de paquetes de largo fijo (ATM precursor)
- ❑ 1979: ARPAnet tiene 200 nodos

### Principios de redes de Cerf y Kahn :

- minimalismo, autonomía - no requiere cambios internos para interconectar redes
- Modelo de servicio de mejor esfuerzo (best effort service)
- Routers sin estado
- Control descentralizado

define la arquitectura actual de Internet



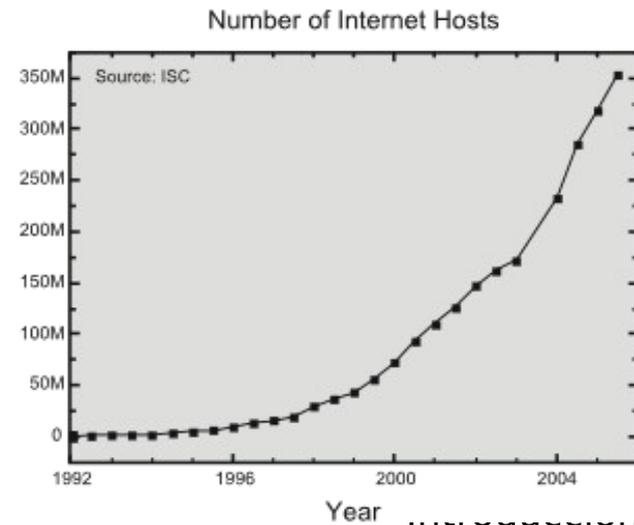
# Historia de Internet

## *1990, 2000's: comercialización, la Web, nuevas apps*

- ❑ **Inicios 1990's:** ARPAnet dejó de operar
- ❑ **1991:** NSF levantó restricciones para uso comercial del NSFnet (ésta cesó, 1995)
- ❑ **Inicios 1990s:** Web
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, luego Netscape
  - Finales de 1990's: comercialización de la Web

## **Finales 1990's - 2000's:**

- ❑ Más killer apps: mensajería instantánea, P2P  
compartición de archivos
- ❑ Seguridad en redes
- ❑ 50 millones de hosts, 100 millones+ usuarios
- ❑ Backbone corre a Gbps



# Introducción: Resumen

- ❑ Vista global de Internet
- ❑ ¿Qué es un protocolo?
- ❑ Periferia de la red, su núcleo, y redes de acceso
  - Conmutación de paquetes versus conmutación de circuitos
- ❑ Estructura de Internet/ISP
- ❑ Desempeño: pérdidas, retardo
- ❑ Modelo de servicio de capas
- ❑ Historia

## Ahora ustedes tienen:

- ❑ Contexto, visión general de la red
- ❑ Más detalles en profundidad *por venir!*