

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Conmutación Ethernet

Area de Ingeniería Telemática

<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

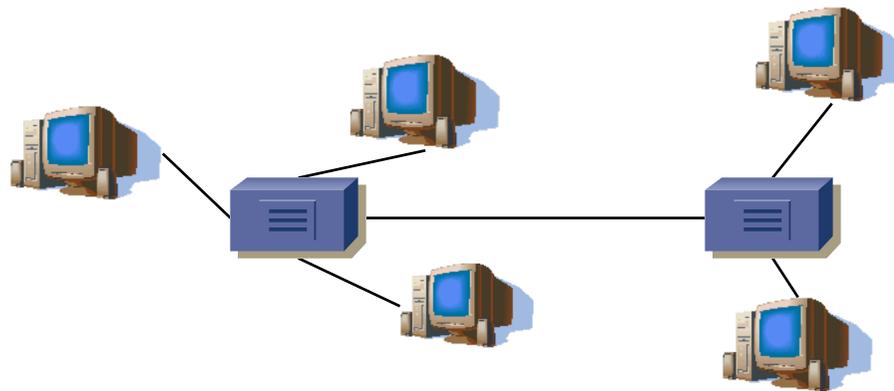
upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Puentes y conmutadores

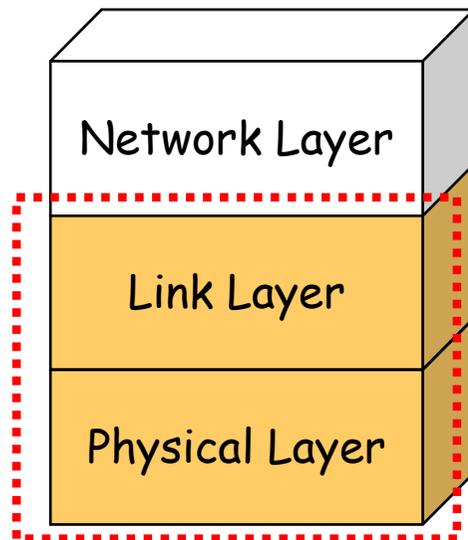
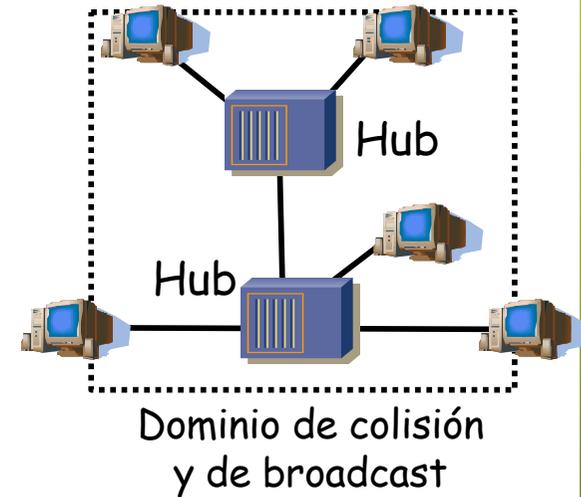
# Hubs/Repetidores

- Unen “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados

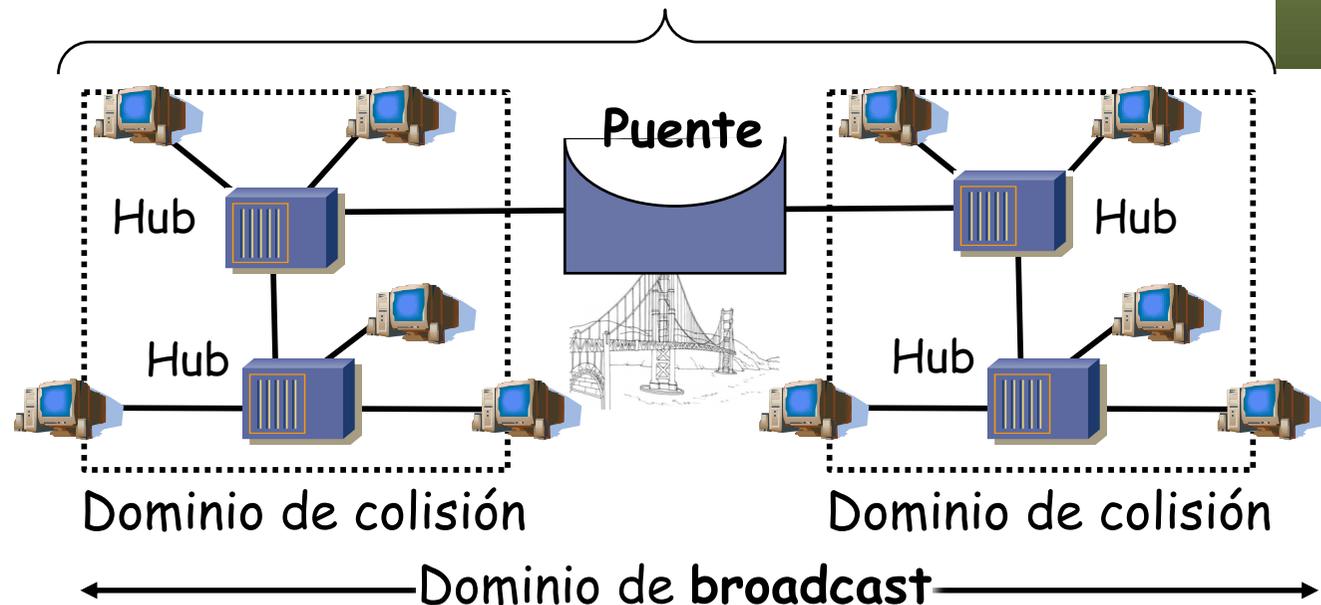


# Puentes

- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico  
⇒ un dominio de colisión
- Puede no es un elemento en la LAN Ethernet original (coaxial, repetidores)
- Puentes unen segmentos Ethernet a nivel de enlace
- Idealmente de un dominio a otro reenvían solo las tramas dirigidas a estaciones del otro dominio
- Es un conmutador de paquetes que hace *store&forward*

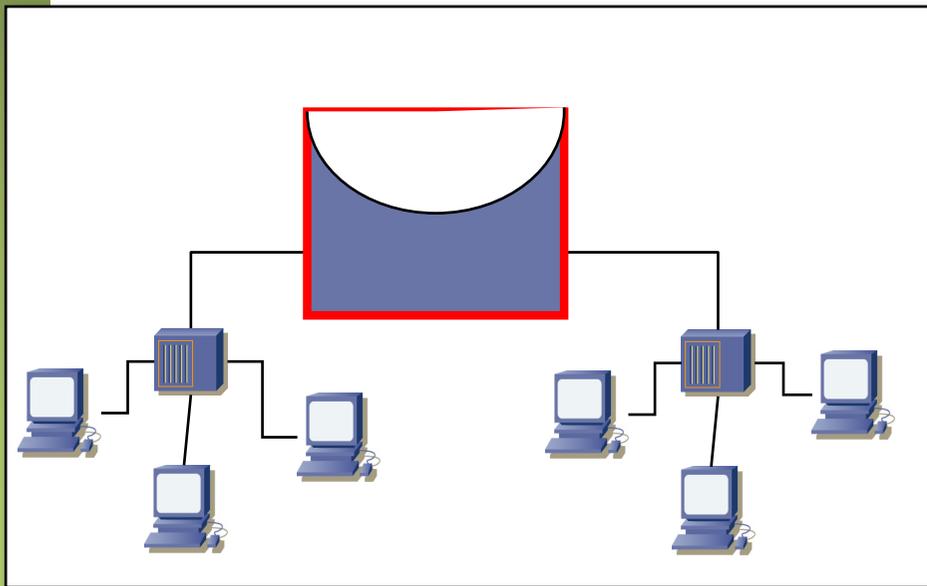


## *Bridged Local Area Network*



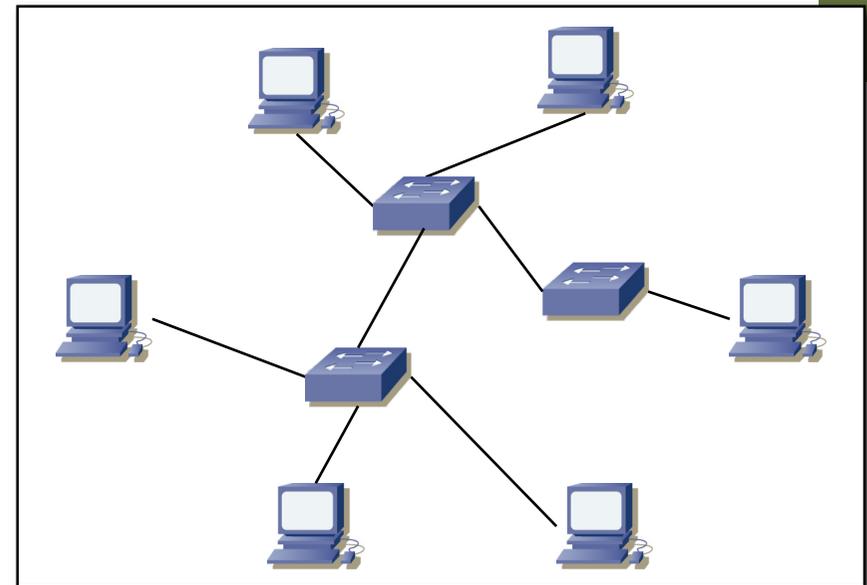
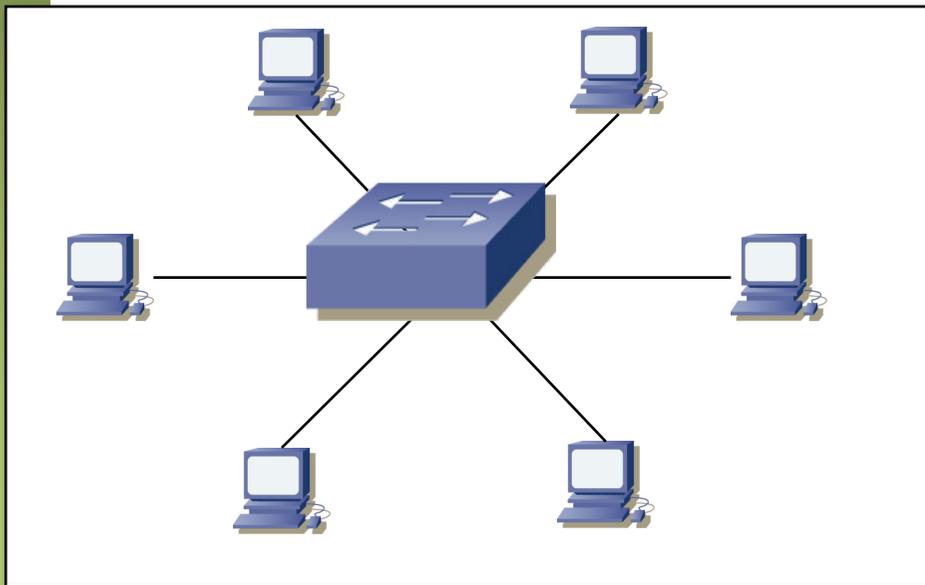
# Puentes y conmutadores

- **Conmutador Ethernet** (*switch*, *switching-hub*) es un **punto**
- Los primeros puentes tenían pocos puertos (2) y reenviaban por software (...)



# Conmutadores

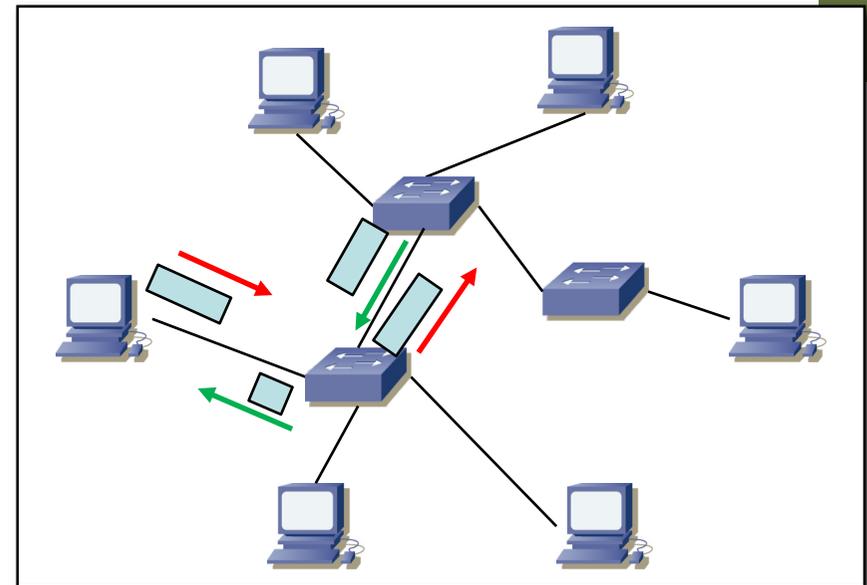
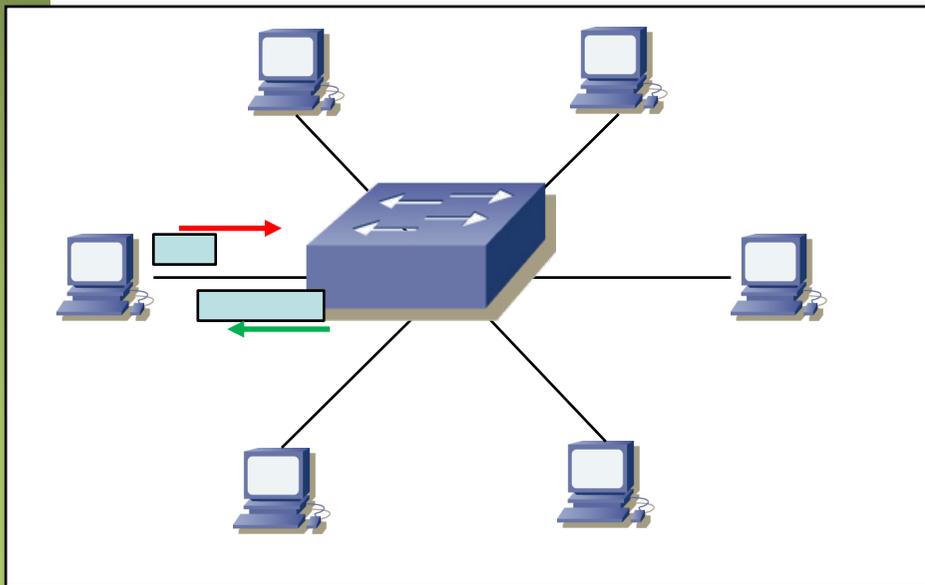
- **Conmutador** Ethernet (*switch*, *switching-hub*) es un **punto**
- Los primeros puentes tenían pocos puertos (2) y reenviaban por software
- Un switch es un puente con múltiples puertos
- Eso puede permitir un puerto por estación
- Si no lo permite (demasiadas estaciones) podemos hacer una topología de interconexión de puentes (...)
- Cada enlace es un dominio de colisión independiente (si es half-dúplex)
- Los enlaces pueden ser *Full-Duplex*, con lo que no hay dominios de colisión (...)



# Conmutadores

## Enlaces Full-dúplex

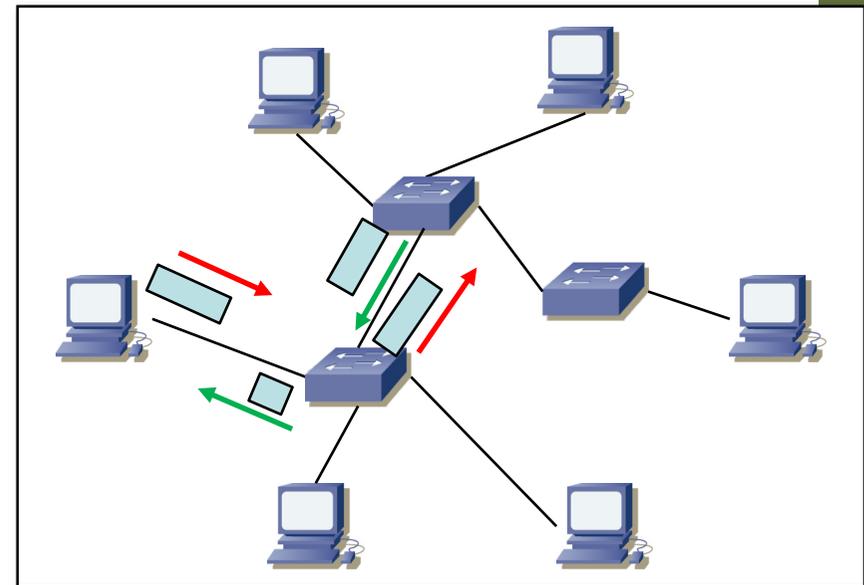
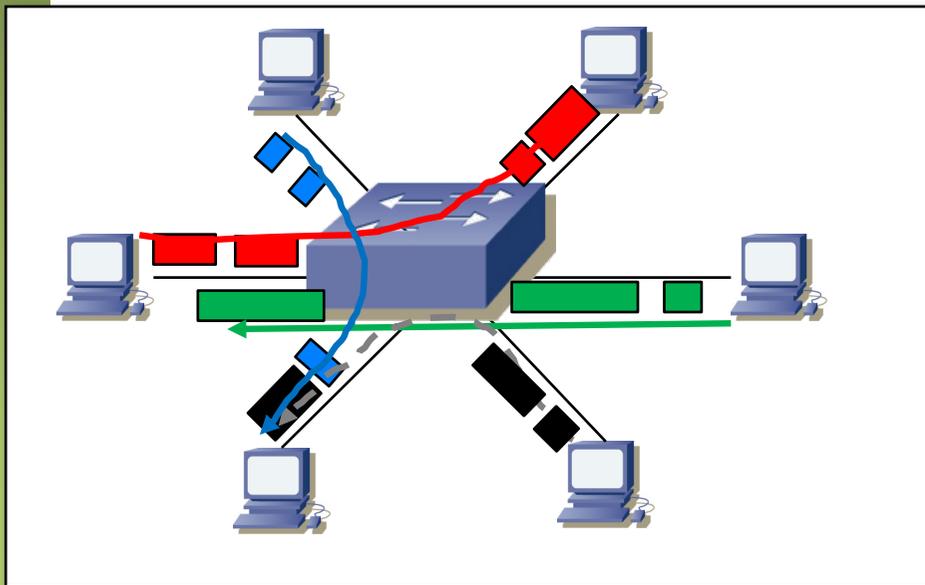
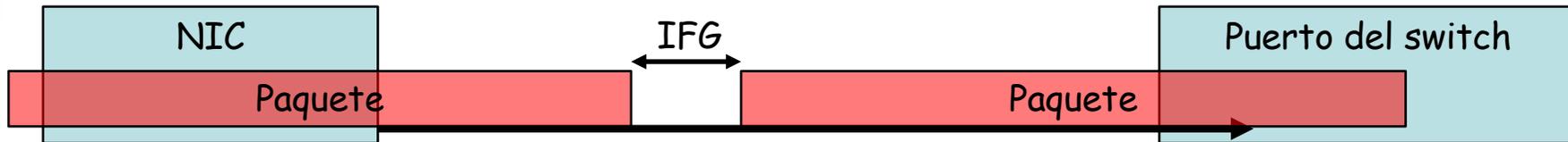
- Envío de host a switch es posible simultáneamente a envío de switch a host
- No puede haber colisiones, no es necesario CSMA/CD, se desactiva
- Enlaces entre switches, igual (un switch no sabe si al otro lado hay un host)
- Cada enlace a X Mb/s puede sostener esa tasa en cada sentido



# Conmutadores

## Enlaces Full-dúplex

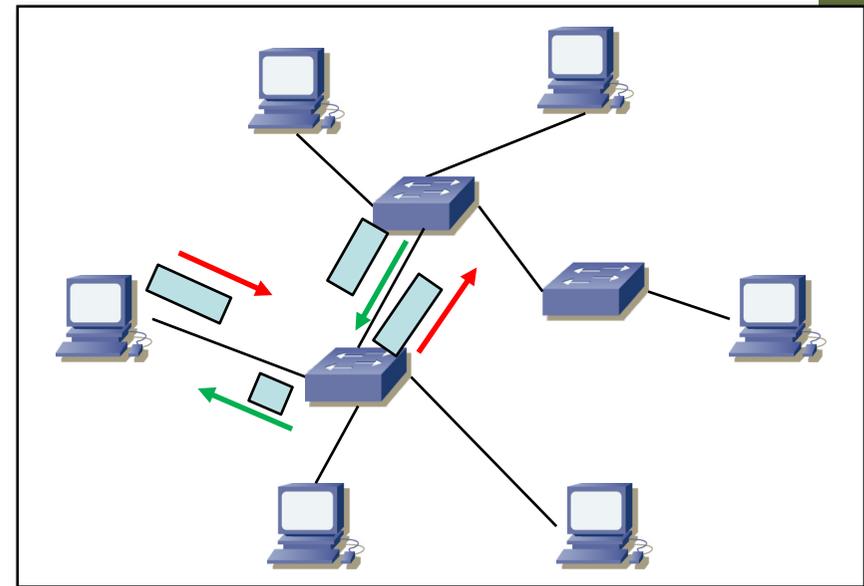
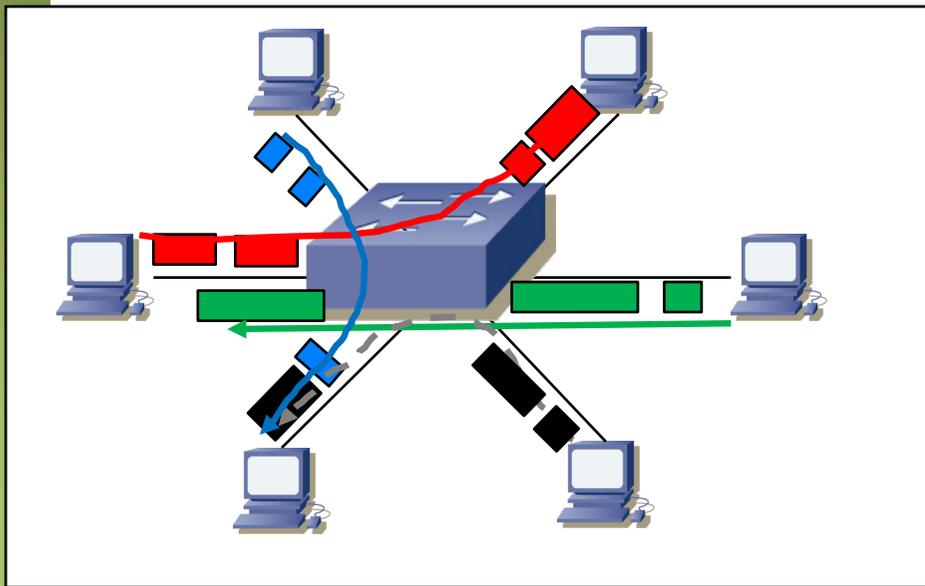
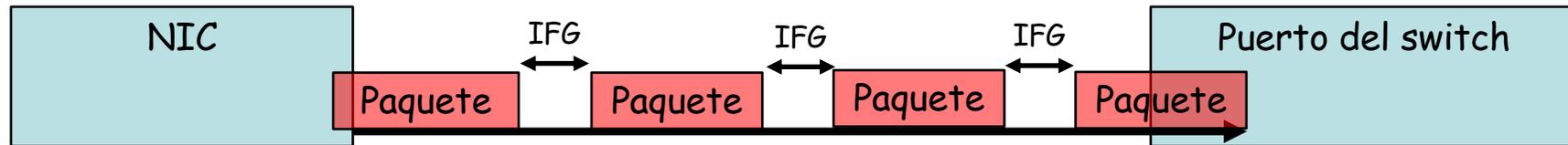
- En el dibujo varios paquetes en el cable pero en cable UTP no más de dos:
  - Propagación en 100m de cable aprox. 500ns
  - Tiempo transmisión trama 64B@1Gb/s =>  $512 \text{ bits} / 1 \text{ bit/ns} = 512 \text{ ns}$
  - Es decir, podemos tener algo como:



# Conmutadores

## Enlaces Full-dúplex

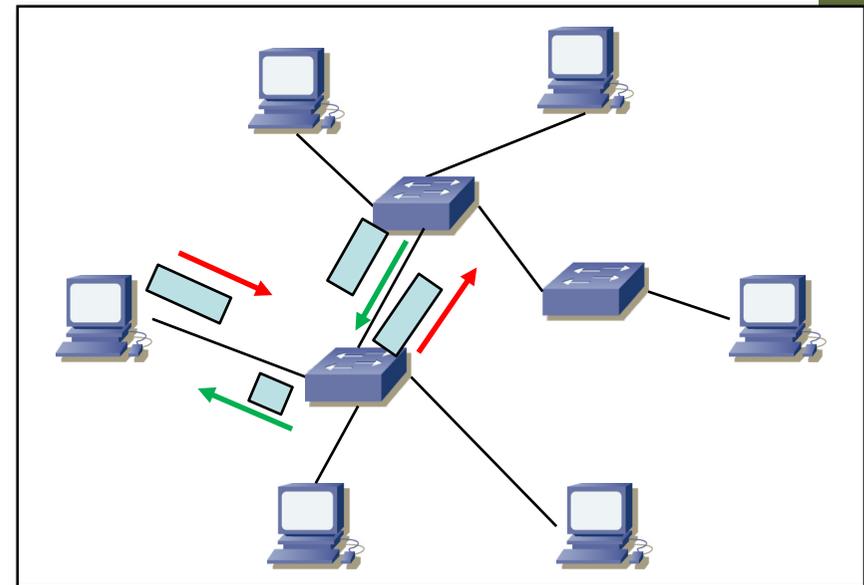
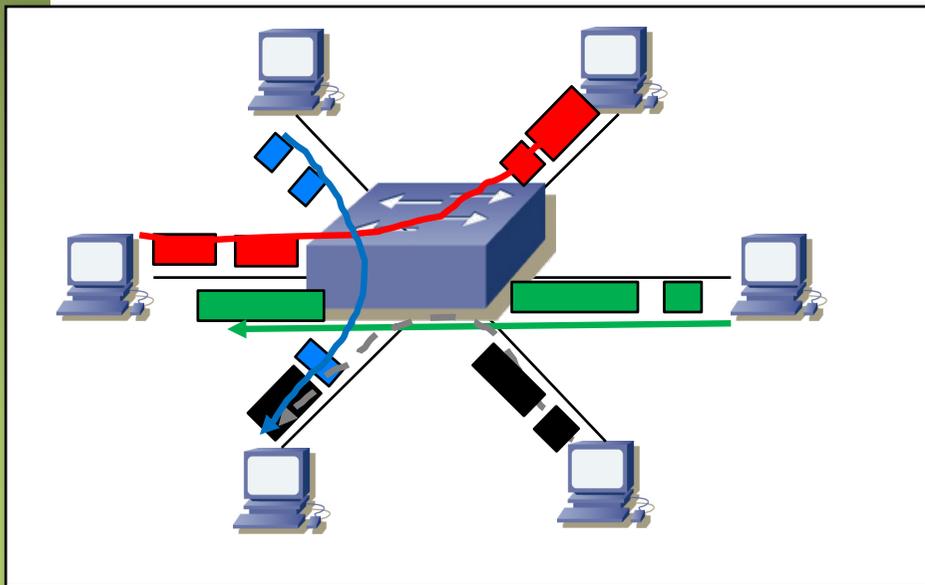
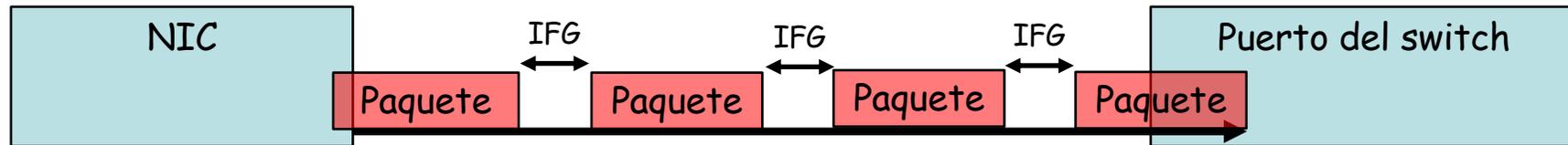
- En el dibujo varios paquetes en el cable pero en cable UTP no más de dos:
  - Propagación en 100m de cable aprox. 500ns
  - Tiempo transmisión trama 64B@1Gb/s =>  $512 \text{ bits} / 1 \text{ bit/ns} = 512 \text{ ns}$
  - No podemos tener:



# Conmutadores

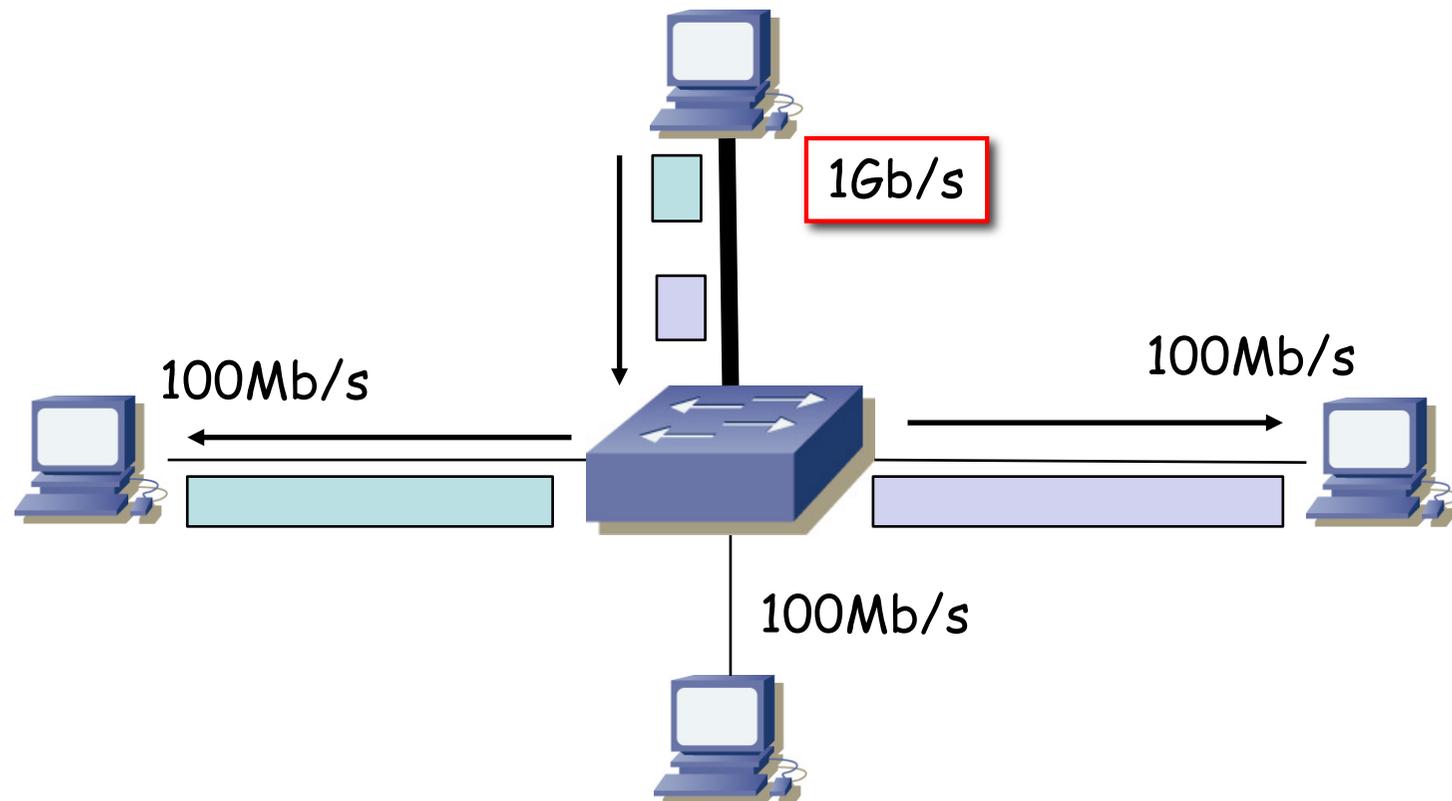
## Enlaces Full-dúplex

- En el dibujo varios paquetes en el cable pero en cable UTP no más de dos:
  - Sería posible con mayores distancias (fibra óptica) o mayores tasas de transmisión (menor tiempo de transmisión)
  - Tiempo transmisión trama 64B@10Gb/s =>  $512 \text{ bits} / 1 \text{ bit/ns} = 51.2 \text{ ns}$
  - Propagación en 1Km de fibra óptica aprox.  $5 \mu\text{s}$  (cabén 100 tramas de 64B@10Gb/s)



# Conmutación asimétrica

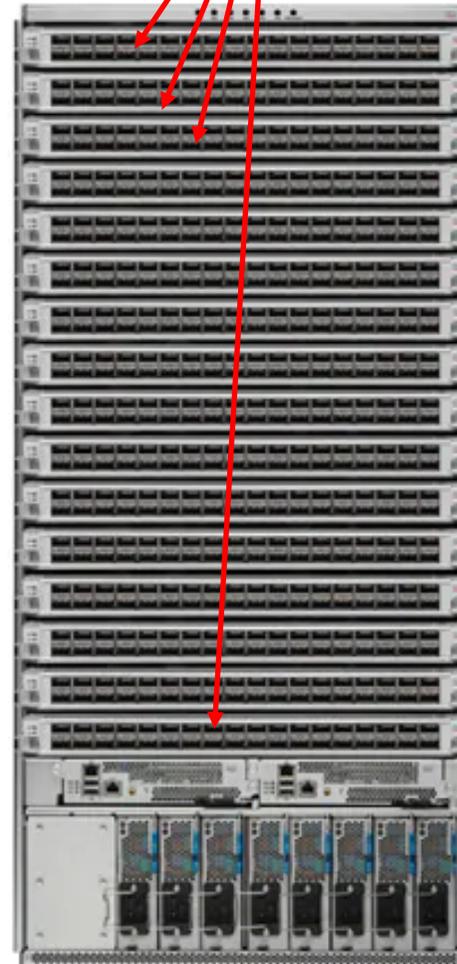
- Los switches permite diferentes velocidades en los puertos
- Hacen almacenamiento y reenvío
- Un paquete se recibe completamente a memoria y se puede transmitir después a una velocidad diferente
- Esto implica un tiempo de transmisión diferente
- Esto es imposible en un hub



# Conmutadores



16 slots x 36 puertos/slot = 576 puertos



93cm

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



# *Learning Bridge*



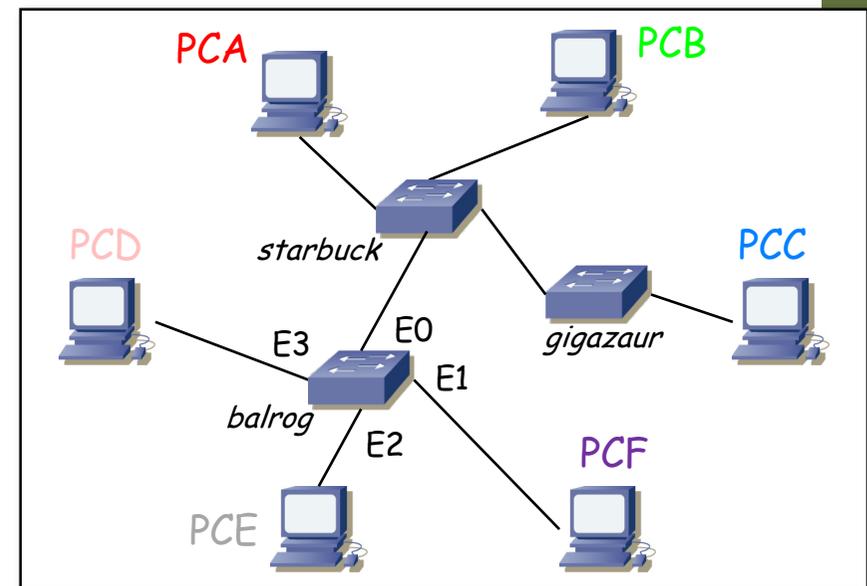
# Learning Bridge

## Lista de direcciones MAC asociadas a cada puerto

- También llamada “Base de datos de filtrado” (*Filtering Database*)
- En una *CAM* (“*Content Addressable Memory*”)

Switch *balrog*

If	MAC
E0	$MAC_{PCC}$
E1	$MAC_{PCF}$
E2	$MAC_{PCE}$
E0	$MAC_{PCB}$



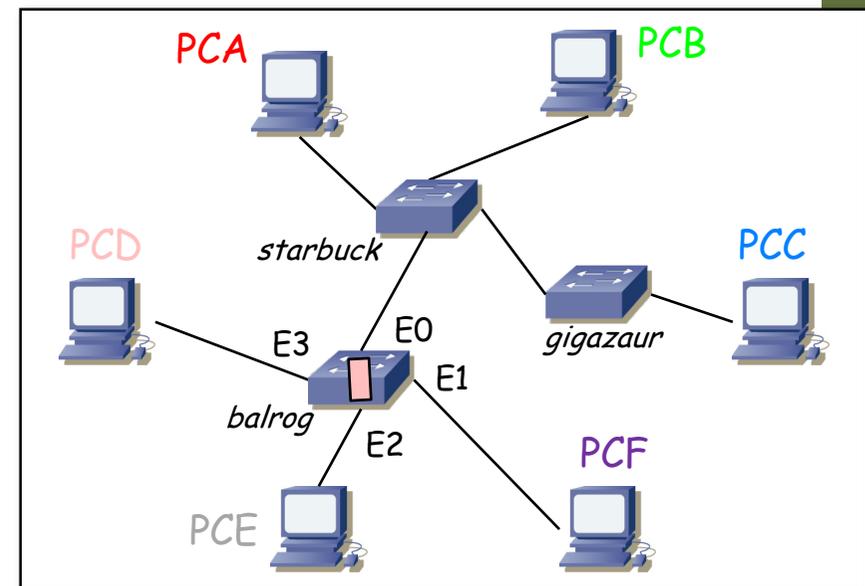
# Learning Bridge

## Lista de direcciones MAC asociadas a cada puerto

- Cuando recibe una trama por un puerto:
  - Memoriza la dirección MAC **origen** asociándola en la tabla a ese puerto (si ya la tenía en la tabla actualiza el valor del puerto)
  - Si la MAC **destino** es de broadcast hace inundación (*flooding*) o si la MAC **destino** no está en la base de datos de filtrado hace **inundación**.
  - Si la MAC **destino** está en la base de datos de filtrado envía por el puerto indicado salvo que sea el mismo puerto por el que la recibió

Switch *balrog*

If	MAC
E0	MAC <sub>PCC</sub>
E1	MAC <sub>PCF</sub>
E2	MAC <sub>PCE</sub>
E0	MAC <sub>PCB</sub>
E3	MAC <sub>PCD</sub>



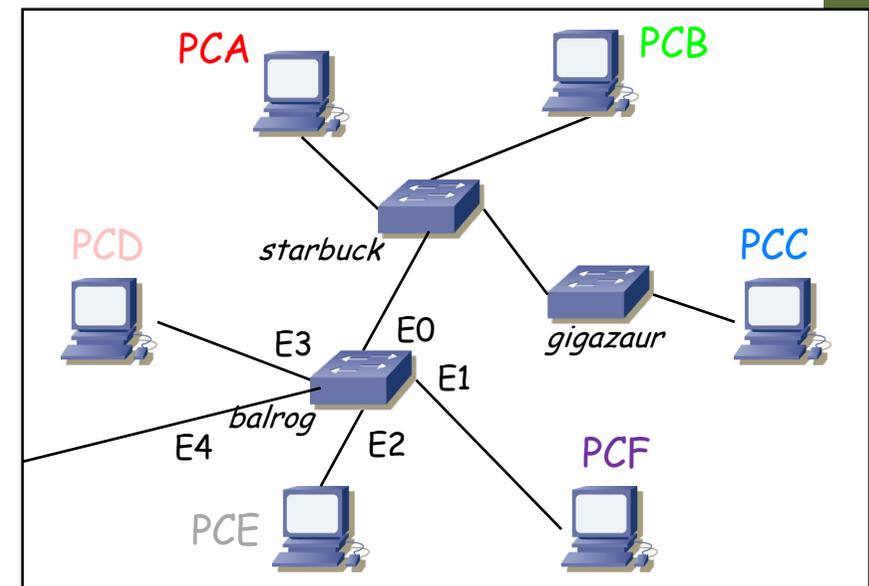
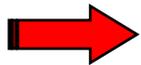
# Learning Bridge

## Aging:

- ¡ Memoria finita !
- Las entradas en la tabla “envejecen”
- Se renueva la edad al recibir una trama de esa estación
- Si caduca se elimina la entrada
- Casos:
  - Cambio de NIC en un host
  - Deconexión de un host de un switch y conexión a otro (...)

Switch *balrog*

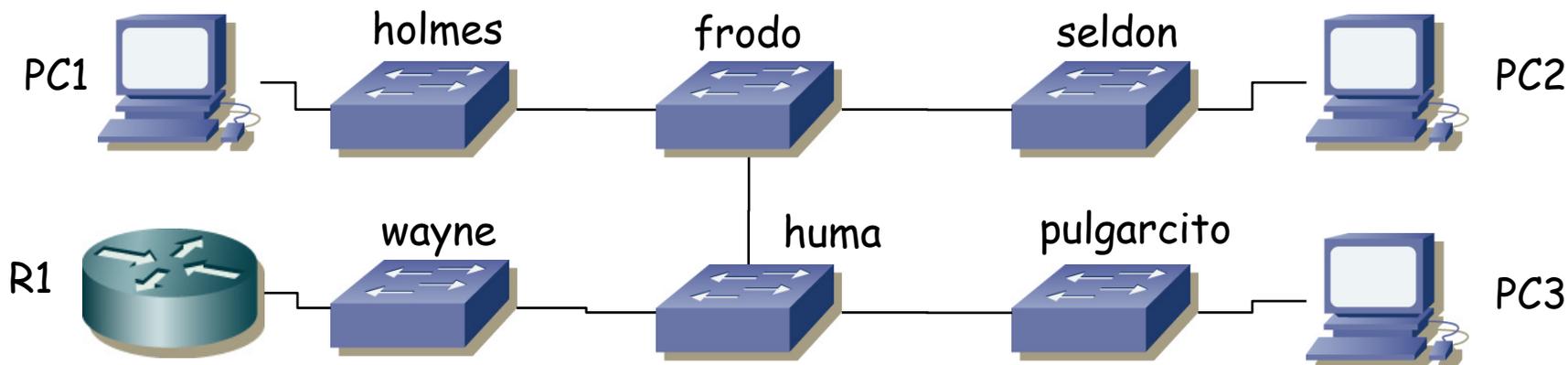
If	MAC
E0	MAC <sub>PCC</sub>
E1	MAC <sub>PCF</sub>
E2	MAC <sub>PCE</sub>
E0	MAC <sub>PCB</sub>
E3	MAC <sub>PCD</sub>



# Ejemplo de comunicación en una *bridged LAN*

# Ejemplo

- Máquinas con tablas vacías
- Veamos qué sucede ante cada una de estas tramas:
  - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC broadcast
  - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2
  - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2 (igual que la anterior)
  - PC2 envía trama: src MAC PC2, dst MAC PC3
  - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC3
  - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2
  - PC3 envía trama: src MAC PC3, dst MAC PC2



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

# Conmutadores

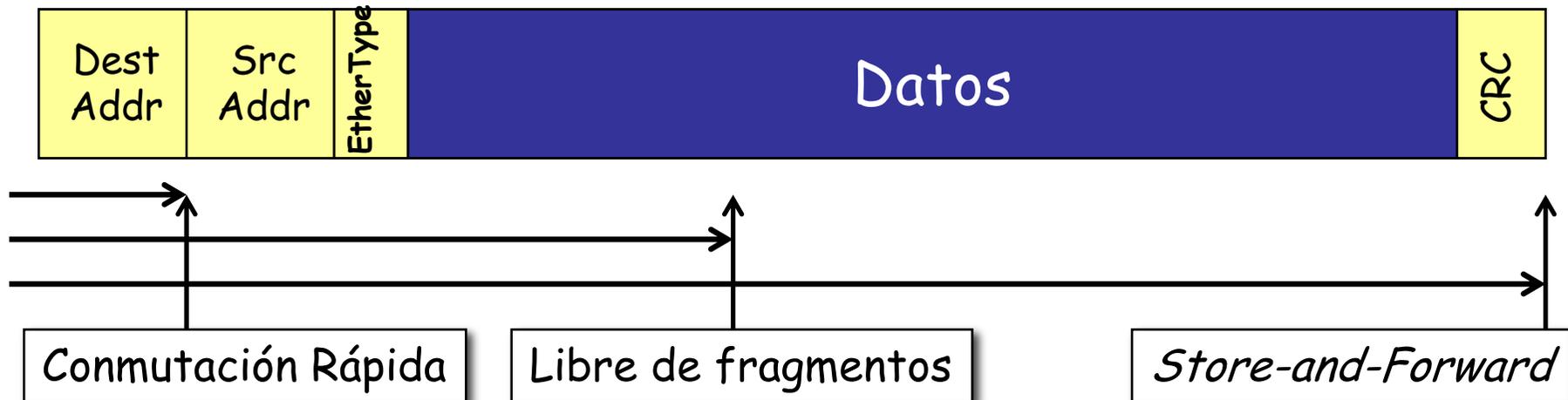
# Técnicas de conmutación

## Store-and-forward

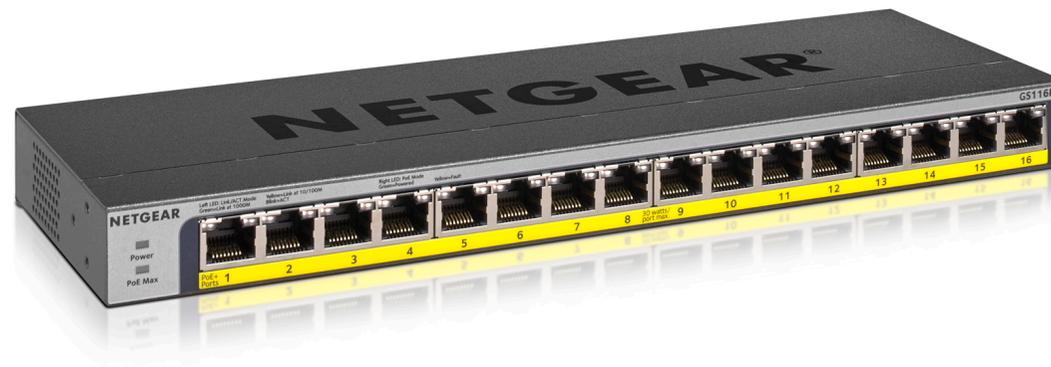
- Espera a recibir toda la trama
- Mayor latencia

## Cut-through

- Una vez procesada la MAC destino
- Menor latencia
- Más errores
- Tipos:
  - Rápida (...)
  - Libre de fragmentos



# Datasheet: Conmutador no gestionable



# NETGEAR GS105, GS108

- <https://www.downloads.netgear.com/files/GDC/datasheet/en/JGS516v2-JGS524v2.pdf>



## Take Gigabit to the Desktop

- 16 or 24 ports deliver up to 2000Mbps of dedicated, non-blocking bandwidth per port
- Instant Plug-N-Play connectivity with Auto-negotiation and Auto MDI/MDI-X
- Easily combine new or existing 10-, 100- and 1000Mbps devices within your network
- 802.1p QoS support for prioritizing voice and video in the network
- Jumbo Frame Support up to 9KB

## Features

- Each port delivers up to 2000Mbps of network speed (full duplex)
- Fast, auto-switching and auto-sensing 10/100/1000Mbps Ethernet connection
- 16 or 24 switched ports provide bandwidth for PCs, servers or switches
- Auto Uplink™ automatically adjusts for straight-through or crossover cables
- Plug and play—begins working as soon as it is powered on
- Integrates 10-,100- and 1000Mbps devices into your network
- Compact size for desktop or for mounting in a standard 19-inch rack
- Secure, durable metal housing includes a Kensington locking slot for theft prevention
- Backed by a NETGEAR Lifetime Warranty\*
- Honors TOS/802.1p prioritization
- Up to 50% lower power consumption\*\*
- Auto power-down mode saves energy when port is unused
- Auto green mode detects cable length and adjusts power usage to save energy
- Packaging manufactured with at least 80% recycled materials

## Network Ports

- JGS516: 16 10/100/1000Mbps Ethernet RJ-45 ports
- JGS524: 24 10/100/1000Mbps Ethernet RJ-45 ports

## Performance Specifications

### Switching bandwidth

- JGS516: 32Gbps
- JGS524: 48Gbps

### Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec

### Latency (using 64 byte packets)

- 10Mbps: 35µs (max)
- 100Mbps: 30µs (max)
- 1000Mbps: 15µs (max)

### RAM buffer

- 256KB

### MAC address database

- 8K

### Mean time between failures (MTBF)

- JGS516: 441,123 hours
- JGS524: 238,872 hours

## Power Consumption

- Power cord: 100-240V; 50-60Hz; plug is localized to country of sale
- JGS516: 11.8W max
- JGS524: 17.9W max

## Standards Compliance

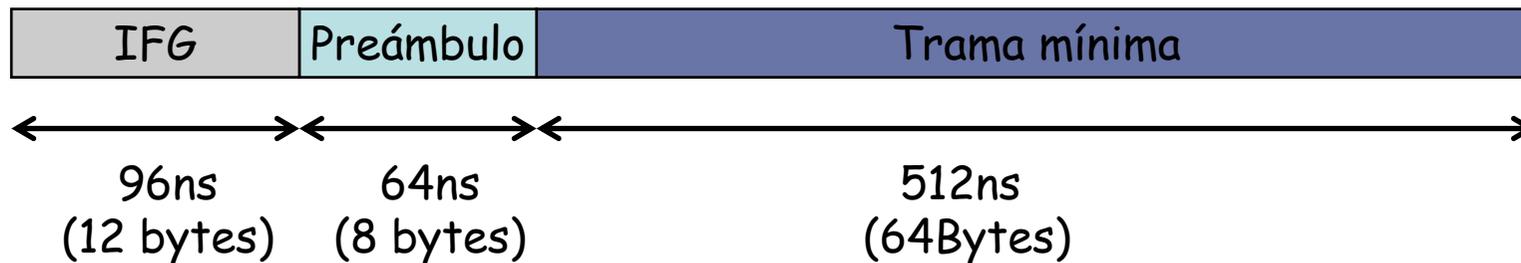
- IEEE 802.3i 10BASE-T Ethernet
- IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet
- IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gigabit Ethernet
- IEEE 802.3x flow control
- IEEE 802.3 CAMA/CD
- IEEE 802.3az Energy Efficient Ethernet
- Jumbo frame support (up to 9KB)

# Frame rate 1000Mb/s

- ¿Máximo número de tramas por segundo?

## Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec

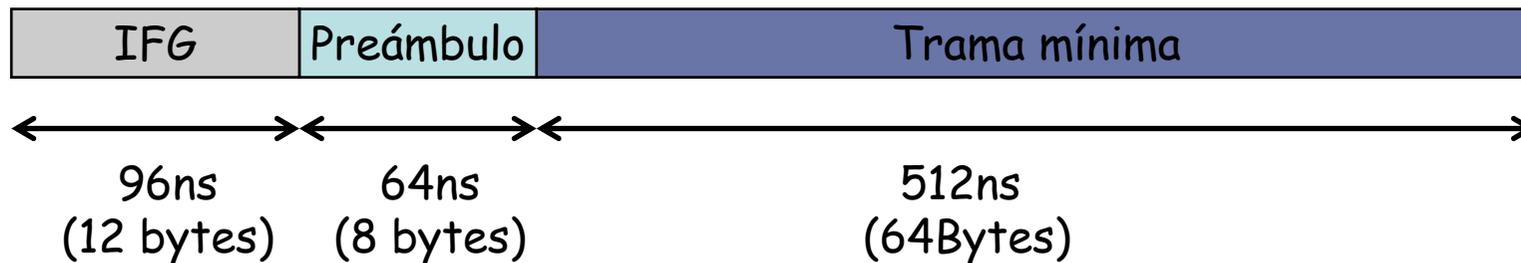


# Frame rate 1000Mb/s

- ¿Máximo número de tramas por segundo?

## Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec



$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 1.488.095 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) =  $1/1.488.095 = 672 \text{ ns}$

# Forwarding/switching performance

## Switching bandwidth/capacity

- Idealmente Número de puertos x Tasa del puerto x 2 (full-dúplex)
- 16 puertos x 1Gb/s x 2 = 32 Gb/s
- 24 puertos x 1Gb/s x 2 = 48 Gb/s

### Switching bandwidth

- JGS516: 32Gbps
- JGS524: 48Gbps

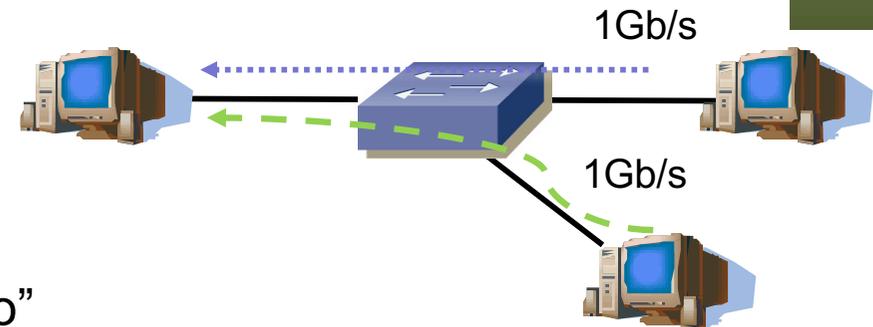
### Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec

## Forwarding rate

- Peor caso tramas de 64 bytes
- Núm.puertos x Tramas por puerto
- 16 puertos x 1.488 Mt/s = 23.8 Mt/s
- 24 puertos x 1.488 Mt/s = 35.71 Mt/s

- Hacen referencia a “bloqueo interno”
- Sigue pudiendo haber “bloqueo externo”
- Es decir, que lleguen a un puerto más bit/s de los que puede enviar
- Buffers



# Buffer

- Memoria para almacenar paquetes por el store&forward
- Permite adaptación de velocidades entre puerto de entrada y salida
- Permite absorber ráfagas, por ejemplo paquetes que llegan simultáneamente y van a mismo puerto de salida
- Ejemplo (caso peor):
  - $256\text{KB} / 1518 \text{ bytes/trama} = 172 \text{ tramas}$
  - Switch de 24 puertos:  $172 / 24 = 7 \text{ tramas/puerto}$
  - El reparto de memoria puede ser fijo, compartido, adaptativo, etc.

## Latency (using 64 byte packets)

- 10Mbps: 35 $\mu$ s (max)
- 100Mbps: 30 $\mu$ s (max)
- 1000Mbps: 15 $\mu$ s (max)

## RAM buffer

- 256KB

## MAC address database

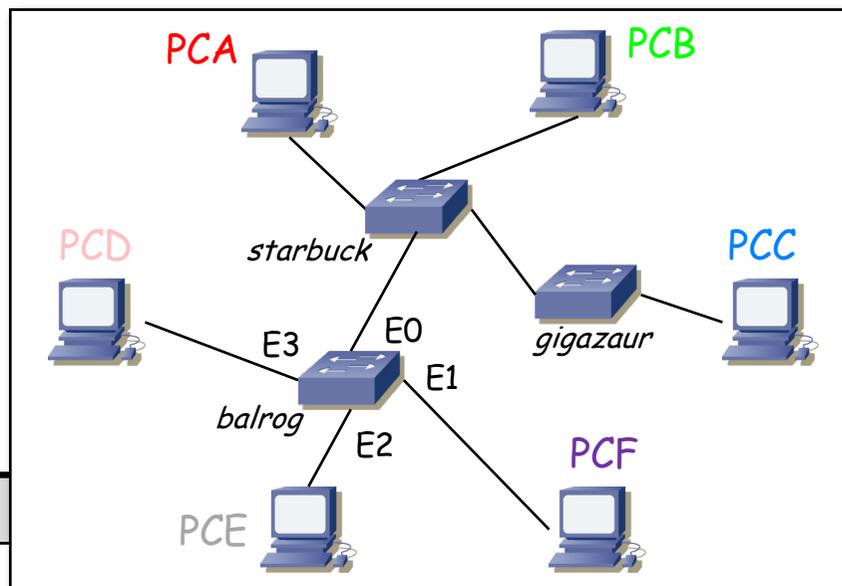
- 8K

## Mean time between failures (MTBF)

- JGS516: 441,123 hours
- JGS524: 238,872 hours

# BD de filtrado

- Memoria (una CAM) para aprender direcciones MAC
- No solo aprende las direcciones de los host directamente conectados
- Aprende de todos los hosts en el mismo dominio de broadcast

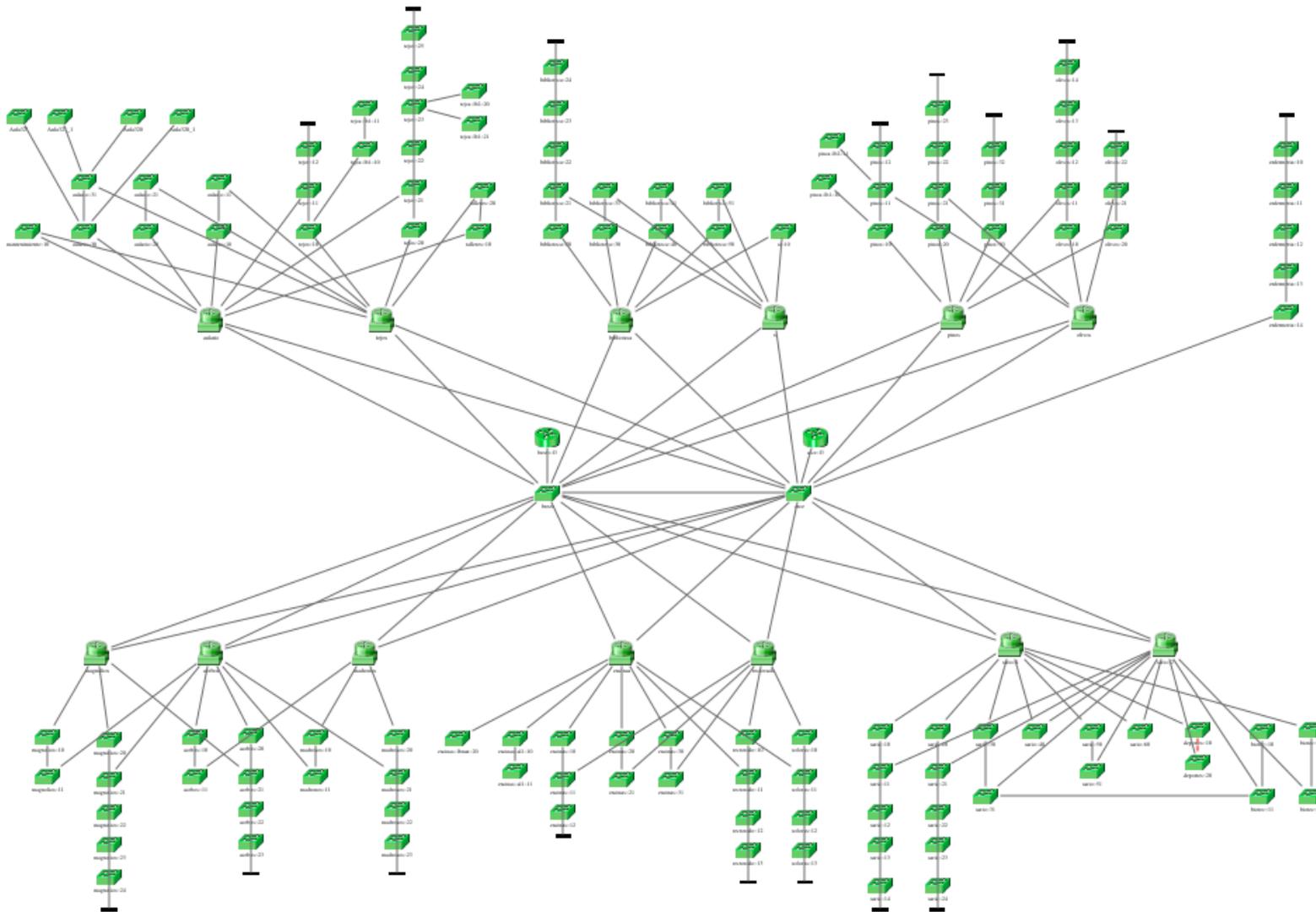


If	MAC
E0	MAC <sub>PCC</sub>
E1	MAC <sub>PCF</sub>
E2	MAC <sub>PCE</sub>
E0	MAC <sub>PCB</sub>
E3	MAC <sub>PCD</sub>

delay (using 64 byte packets) • 100Mbps: 35µs (max) • 10Mbps: 30µs (max) • 1000Mbps: 15µs (max)
buffer • 256KB
MAC address database • 8K
Mean time between failures (MTBF) • JGS516: 441,123 hours • JGS524: 238,872 hours

# BD de filtrado

- Switches (¡no hosts!) en la LAN de la UPNA hace 10 años



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



# Cisco Packet Tracer



# Cisco Packet Tracer

- <https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer>

The screenshot displays the Cisco NetAcad website interface. At the top, there is a navigation bar with the Cisco logo, 'Networking Academy', and menu items: 'Cursos', 'Carreras profesionales', 'Apoyo', and 'Más'. A search bar and language selector ('Español') are also present. Below the navigation bar, a dropdown menu is open under 'Resources', listing options: 'Certification Exams & Discounts', 'Find an Academy', 'Download Packet Tracer', 'All Resources', and 'Alumni Courses'. The main content area features a large blue sidebar on the left with the text 'Cisco' and 'Obtenga experiencia...'. The central part of the page has a 'I'm Learning' section with a course card that includes an information icon and the text '• Password Recovery Number is not set (h... account recovery now. Changes will be reflected...'. Below this, there is a section titled 'Courses I've Enrolled In' with a course card showing a person at a computer and the text '• Desarrolle el pensamiento crítico y habilidades para resolver problemas.' and a button '¡Inscríbese hoy mismo!'. At the bottom right, there is a section for 'Idiomas: English, Український' and a note: '\*Las clases personalizadas de NetAcad.com son gratuitas. El costo de las clases dictadas por un instructor lo determina la institución.' The footer contains three icons: a document, a group of people, and a checkmark.

# Cisco Packet Tracer

- <https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer>

The screenshot displays the Cisco Packet Tracer interface. The main workspace shows a network topology with the following components:

- HomeRouter-PT-AC Wireless Router0**: Connected to **Laptop-PT Laptop2** and **PC-PT PC0** via Fa0/1 and Fa0/3 respectively.
- 2960-2 Switch0**: Connected to **PC-PT PC3**, **PC-PT PC1**, and **2960-2 Switch1** via Fa0/4, Fa0/2, and Fa0/1 respectively.
- 2960-2 Switch1**: Connected to **Server-PT Server0** and **PC-PT PC2** via Fa0/2 and Fa0/3 respectively.

The **Simulation Panel** on the right shows an **Event List** with the following data:

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device
	39.018	Switch0	Switch1
	39.018	Switch0	PC0
	39.018	--	Wireless R...
	39.019	--	Wireless R...
	39.019	--	Wireless Rou...
	39.019	Wireless Rou...	Laptop2
	39.019	Switch1	Server0
	39.019	Switch1	PC2
	39.019	--	Wireless R...
	39.020	--	Wireless R...
	39.020	--	Wireless R...
	39.022	--	Wireless R...
	39.023	--	Wireless R...
	39.024	--	Wireless R...
	39.024	--	Wireless R...
	40.020	--	Wireless R...
	40.020	--	Wireless R...
	40.524	Wireless Rou...	Laptop2
	40.524	--	Wireless R...
	40.524	--	Wireless R...
	40.524	Wireless Rou...	Switch0
	40.524	--	Wireless R...
	40.525	Switch0	Switch1
	40.525	Switch0	PC0
	40.525	--	Wireless R...

The interface also includes a **Play Controls** section with buttons for **Reset Simulation**, **Constant Delay**, and **Captured to: 40.525 s**. Below this is an **Event List Filters** section for **Visible Events** (ARP, DHCP, ICMP) with **Edit Filters** and **Show All/None** options.