

Spanning Tree Protocol

Agregación de enlaces

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Redes
4º Ingeniería Informática

Temario

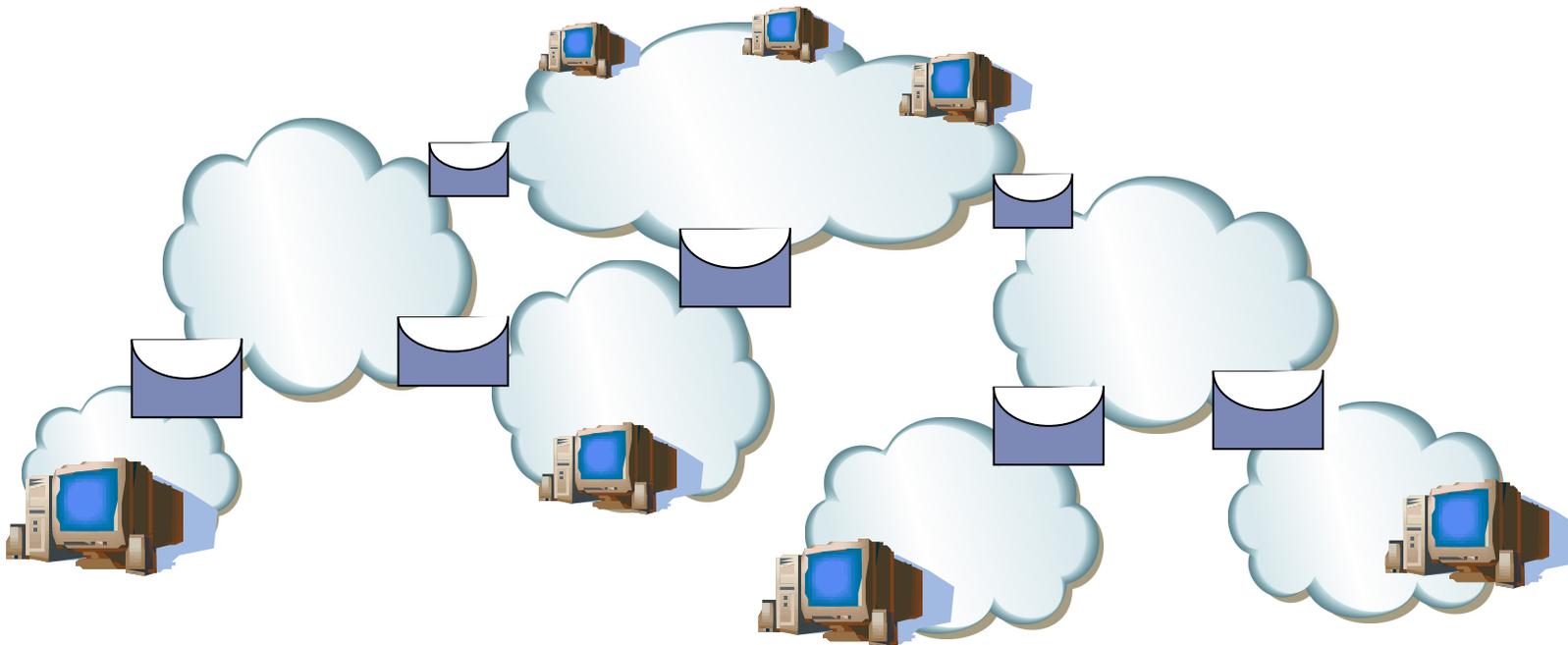
1. Introducción a las redes
- 2. Tecnologías para redes de área local**
3. Conmutación de circuitos
4. Tecnologías para redes de área extensa y última milla
5. Encaminamiento
6. Arquitectura de conmutadores de paquetes
7. Control de acceso al medio
8. Transporte extremo a extremo

Contenido

- Ciclos en topologías Ethernet
 - Spanning Tree Protocol
 - Rapid Spanning Tree Protocol
 - VLANs y RSTP
- Agregación de enlaces
- Power over Ethernet

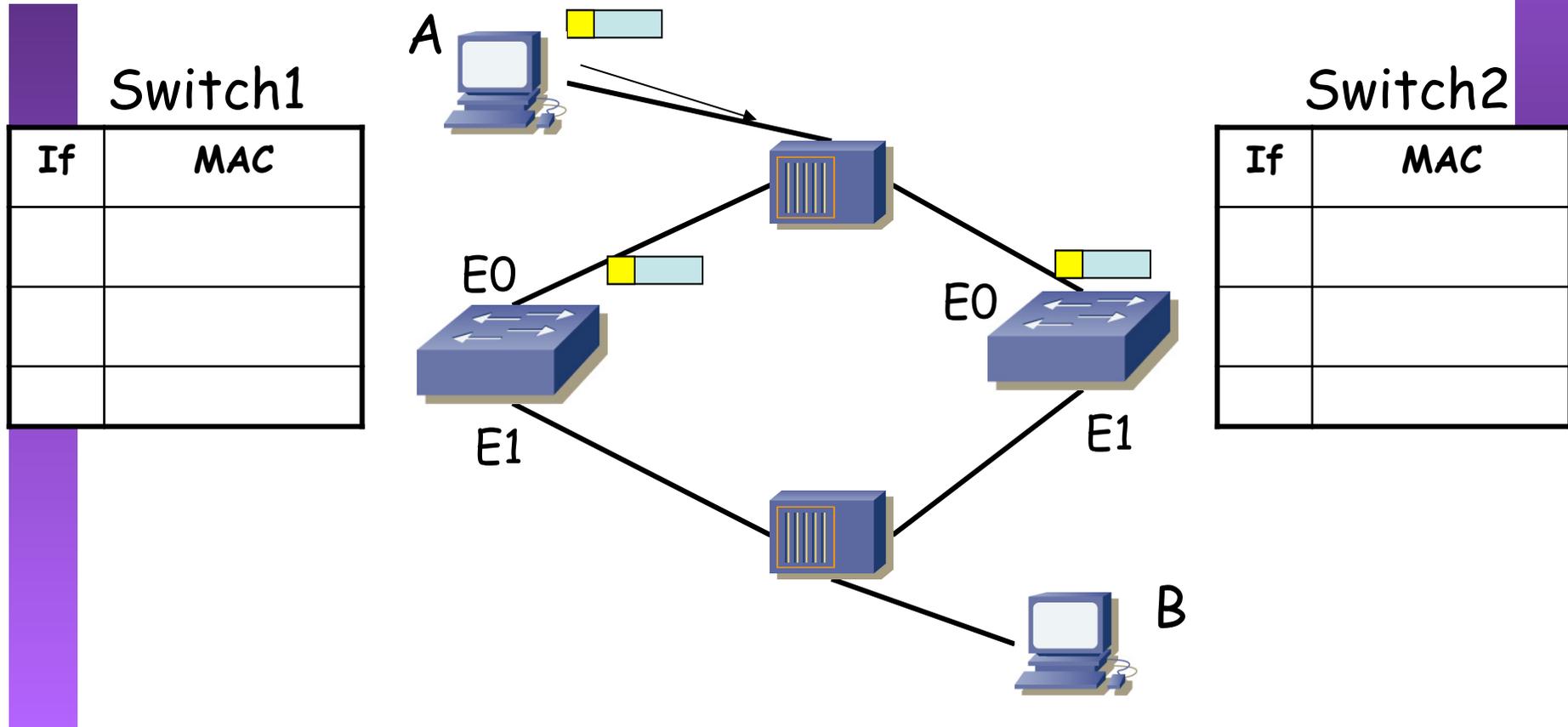
Caminos alternativos

- Ofrecerían la posibilidad de:
 - Balanceo de carga
 - Reconfiguración ante fallos
- Requiere tomar decisiones de encaminamiento



Caminos alternativos

- El host A envía una trama al host B

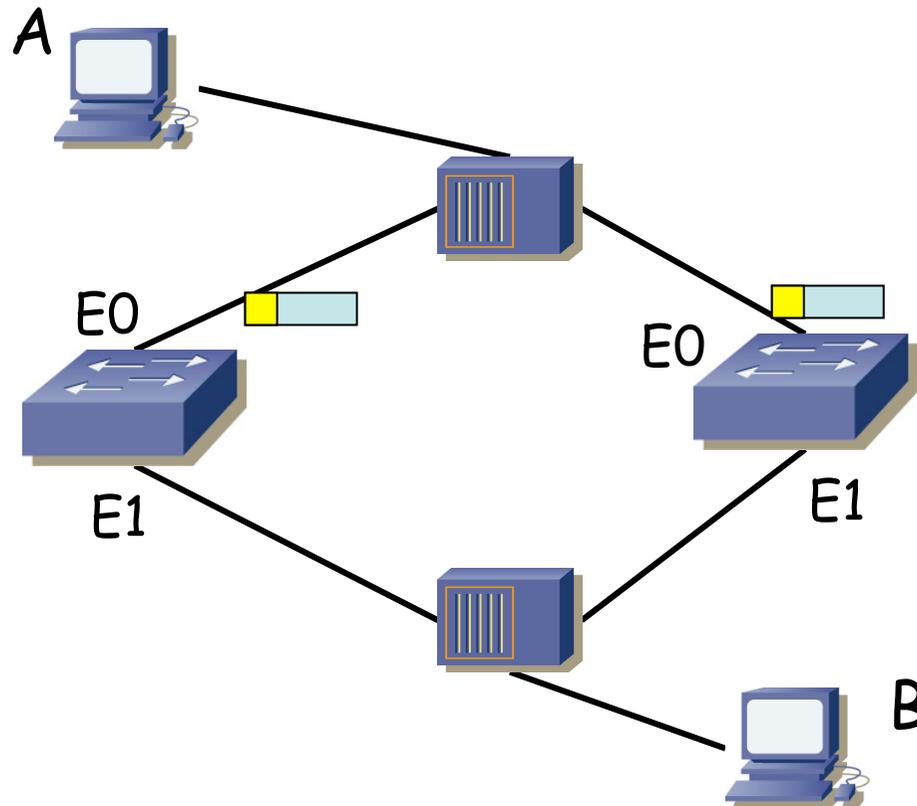


Caminos alternativos

- Switch1 y Switch2 aprenden la localización del host A

Switch1

If	MAC
E0	A



Switch2

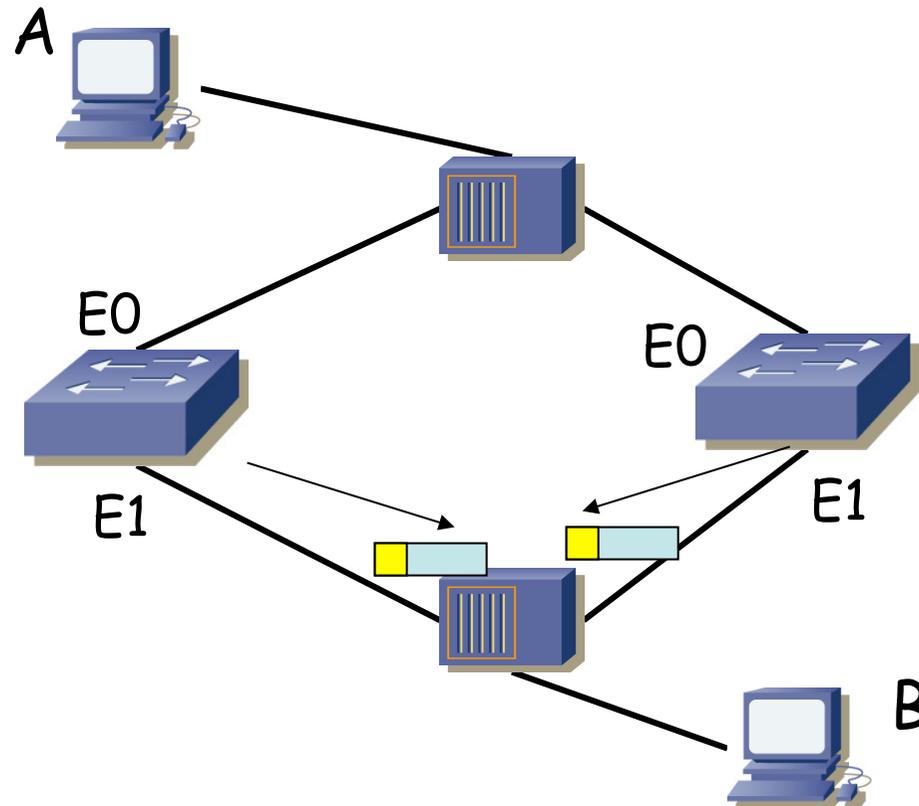
If	MAC
E0	A

Caminos alternativos

- Los conmutadores no conocen al destino
- Reenvían por todos los puertos menos por donde recibieron

Switch1

If	MAC
E0	A



Switch2

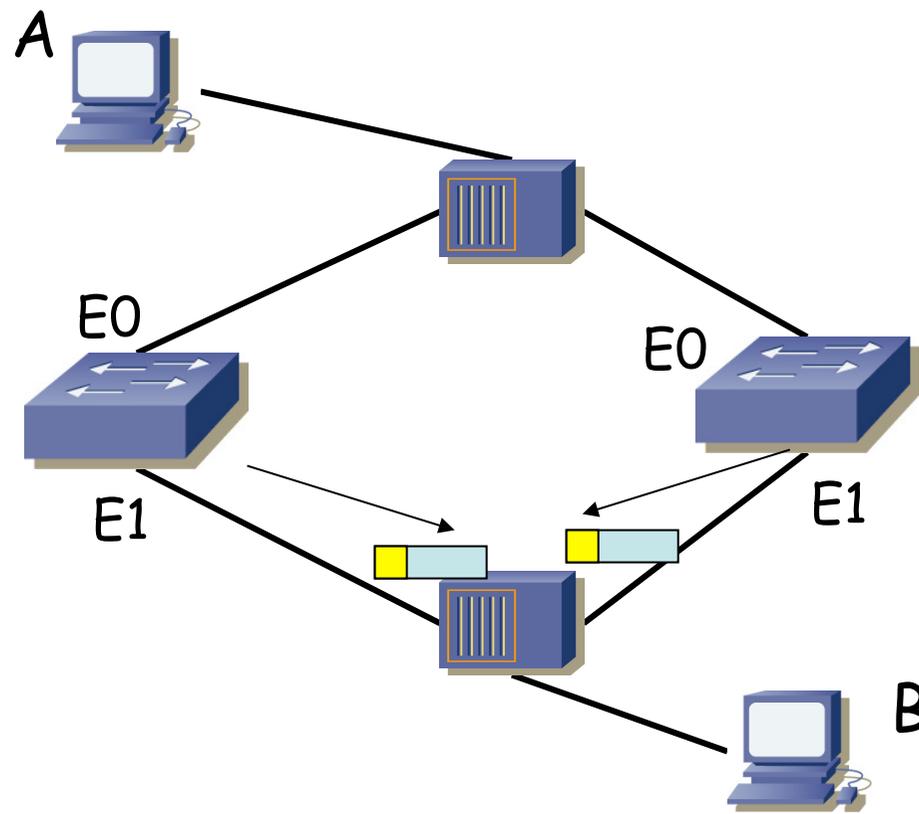
If	MAC
E0	A

Caminos alternativos

- Host B recibe la trama
- Switch2 recibe la trama que envió Switch1
- Switch1 recibe la trama que envió Switch2

Switch1

If	MAC
E0	A



Switch2

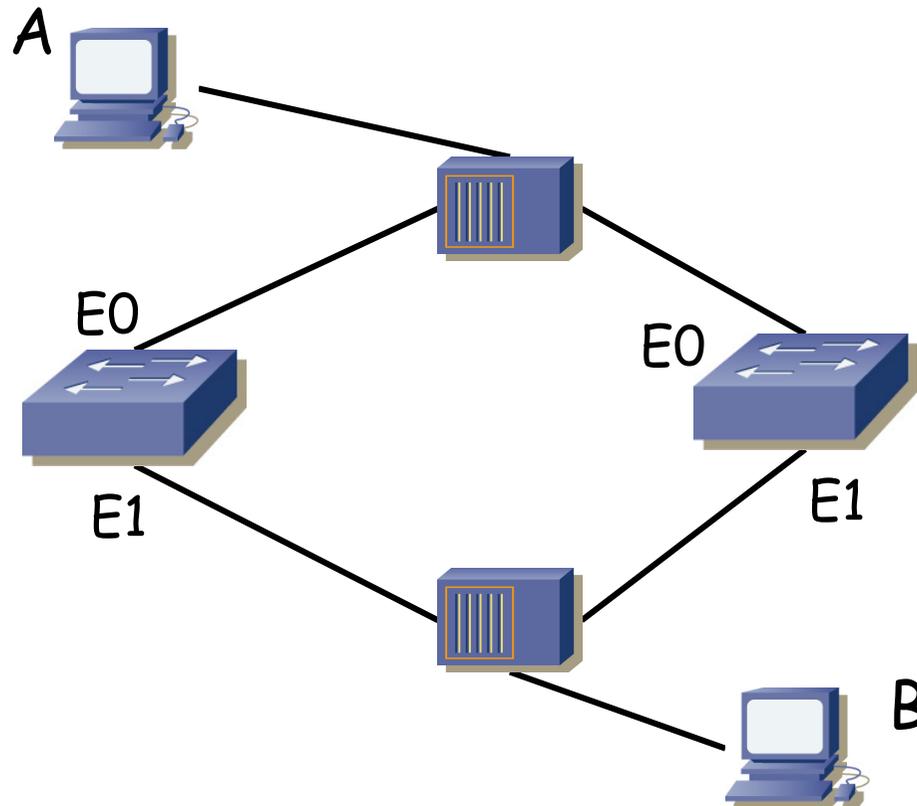
If	MAC
E0	A

Caminos alternativos

- Aprenden una nueva ubicación del host A

Switch1

If	MAC
E1	A

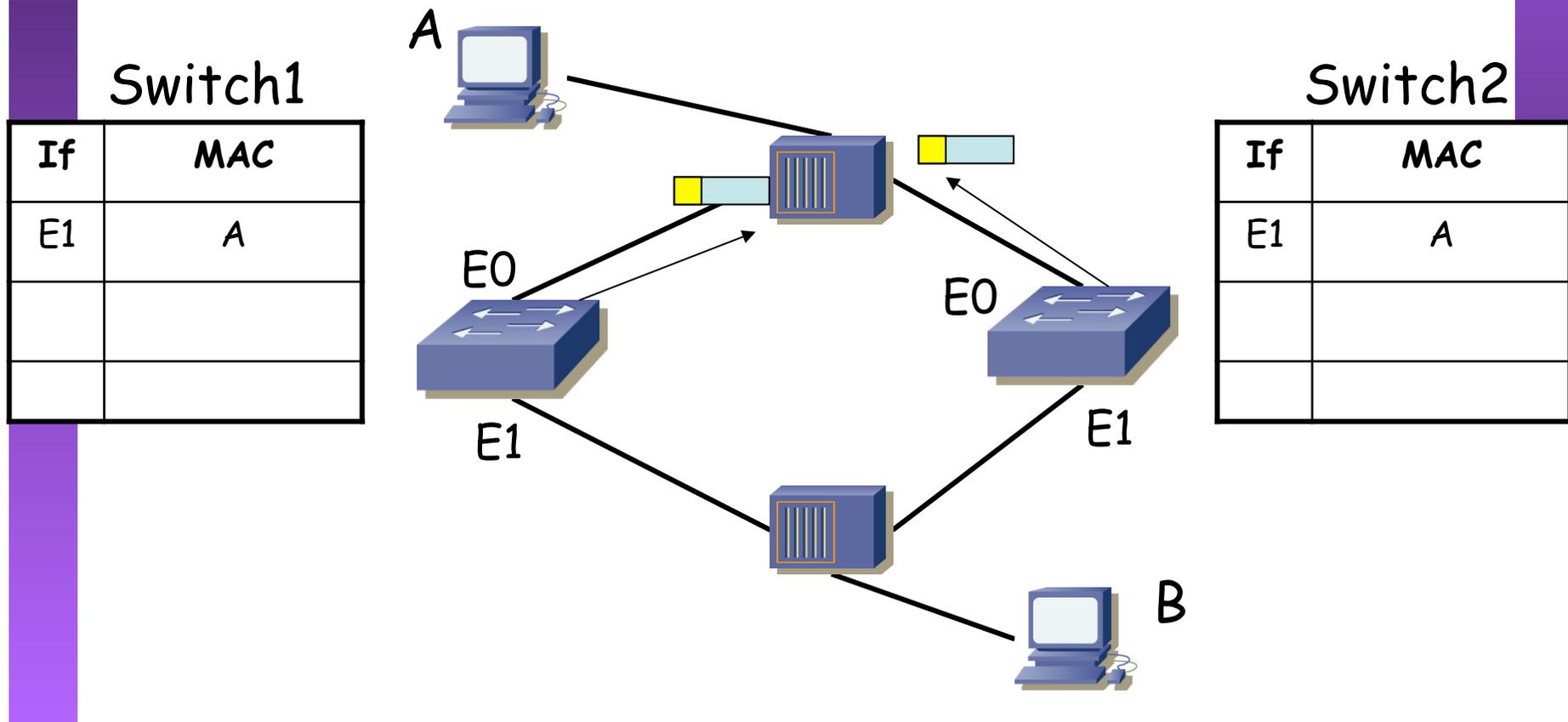


Switch2

If	MAC
E1	A

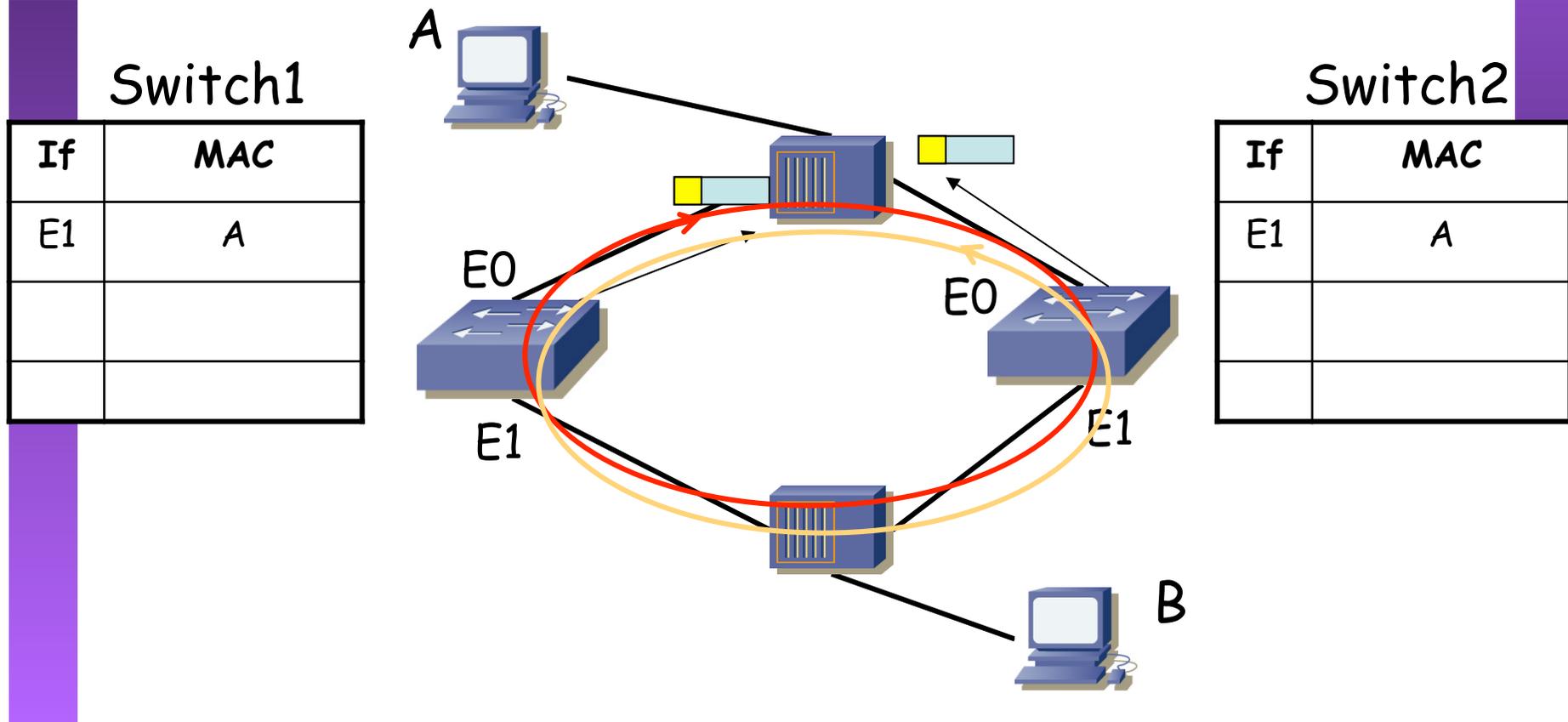
Caminos alternativos

- Aprenden una nueva ubicación del host A
- Y reenvían por todos los puertos menos por donde recibieron la trama



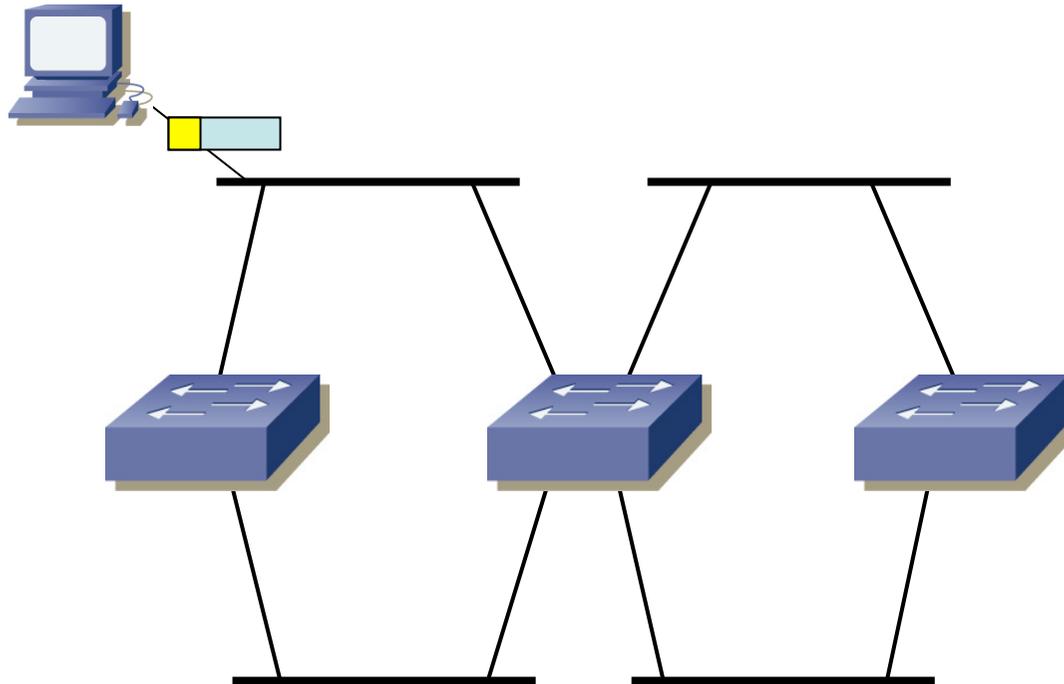
Caminos alternativos

- Y se repite...
- No hay TTL en la trama Ethernet
- Además todos los hosts la deberían procesar



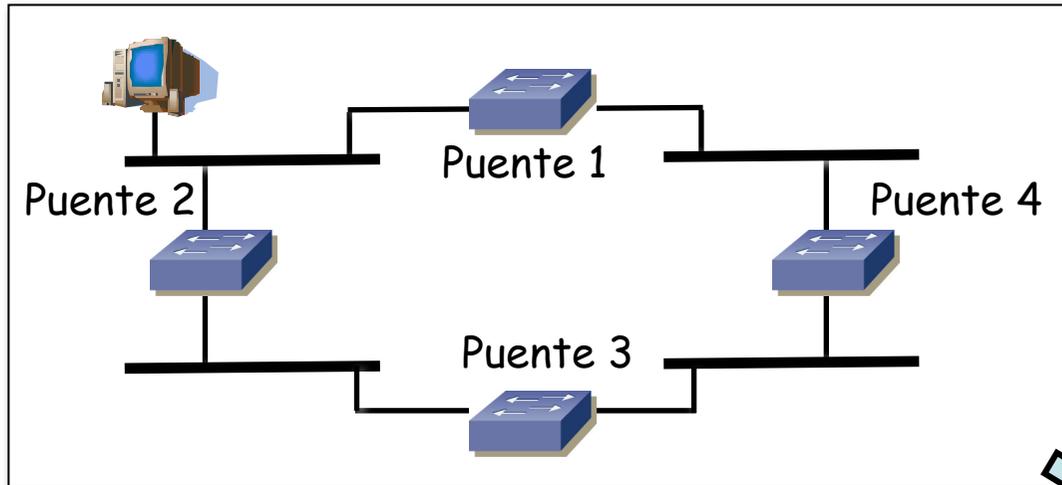
Ejercicio

- PC envía trama de broadcast

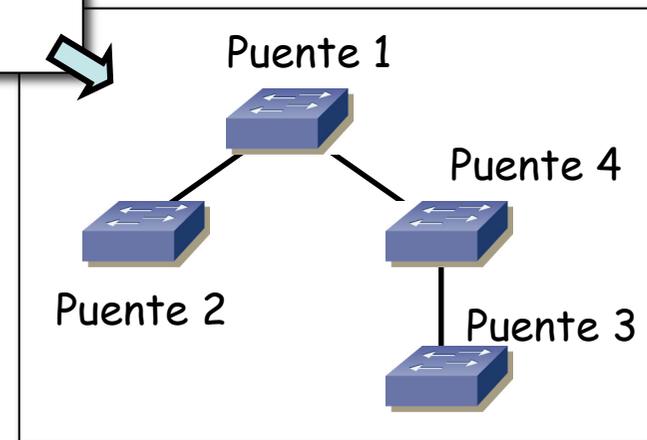


Spanning-Tree Protocol (STP)

- Calcula una topología libre de ciclos
- A partir del grafo de la topología crea un árbol
- Desactiva los enlaces sobrantes
- IEEE 802.1D



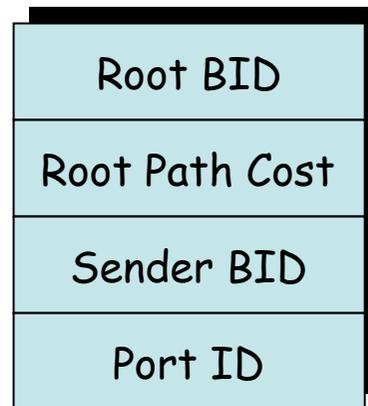
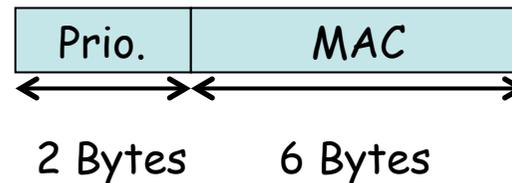
Radia Perlman (1983)



Spanning-Tree Protocol (STP)

BPDUs

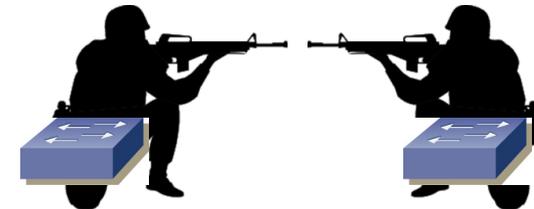
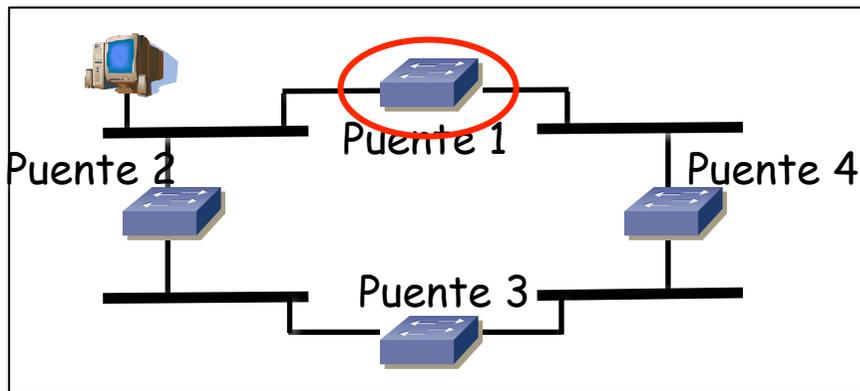
- Bridge Protocol Data Units
- Enviadas periódicamente por los puentes
- Destino 01:80:C2:00:00:00 (Bridge Group Address)
- No son reenviadas
- BID = Bridge ID
- Información importante:



Spanning-Tree Protocol (STP)

Selección de un *Root Bridge* (Root War !!!)

- Raíz para el árbol
- A partir de un valor de prioridad y una MAC del puente
 - Vienen en las BPDU
 - Puente de prioridad más baja (def. 0x8000)
 - MAC más baja en caso de empate



Spanning-Tree Protocol (STP)

Path Cost

- Asociado a cada LAN
- Según la velocidad
- Originalmente $1000 / Velocidad(Mbps)$
- 802.1D-2004 :

Table 17-3—Port Path Cost values

Link Speed	Recommended value	Recommended range	Range
<=100 Kb/s	200 000 000 [*]	20 000 000–200 000 000	1–200 000 000
1 Mb/s	20 000 000 ^a	2 000 000–200 000 000	1–200 000 000
10 Mb/s	2 000 000 ^a	200 000–20 000 000	1–200 000 000
100 Mb/s	200 000 ^a	20 000–2 000 000	1–200 000 000
1 Gb/s	20 000	2 000–200 000	1–200 000 000
10 Gb/s	2 000	200–20 000	1–200 000 000
100 Gb/s	200	20–2 000	1–200 000 000
1 Tb/s	20	2–200	1–200 000 000
10 Tb/s	2	1–20	1–200 000 000

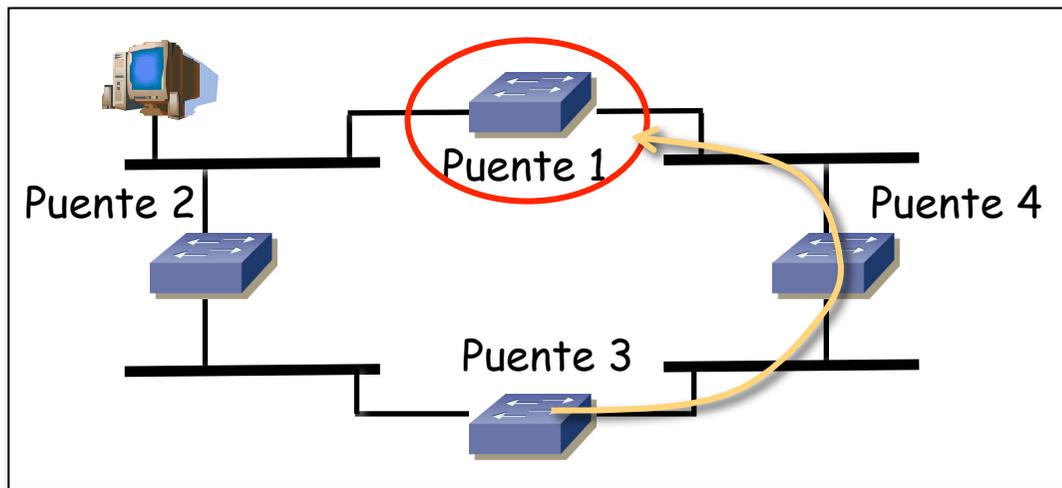
^{*}Bridges conformant to IEEE Std 802.1D, 1998 Edition, i.e., that support only 16-bit values for Path Cost, should use 65 535 as the Path Cost for these link speeds when used in conjunction with Bridges that support 32-bit Path Cost values.

- Se va agregando en un camino creando el *Root Path Cost*

Spanning-Tree Protocol (STP)

BPDUs

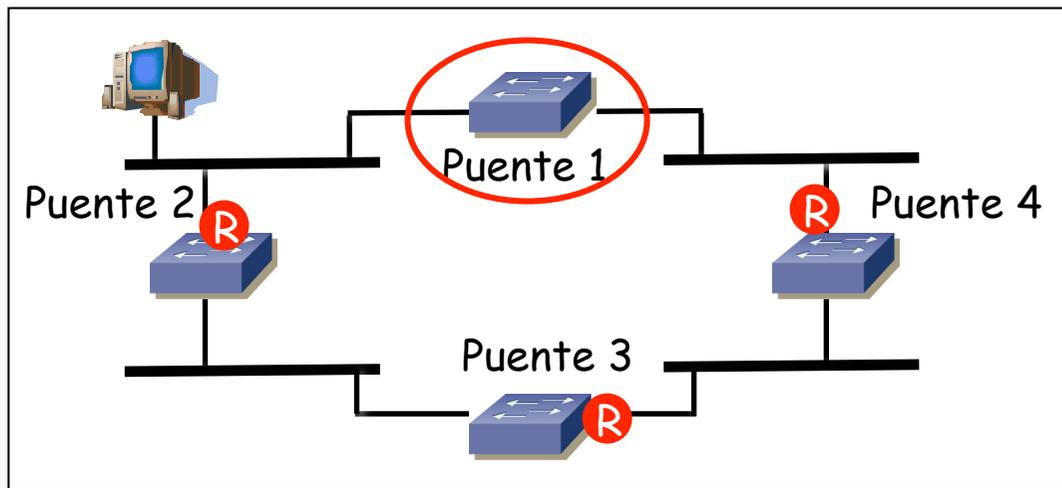
- Se pueden “comparar” entre si y decidir si una BPDU recibida por un puerto es “mejor” que otra
- “Mejor” en el sentido de “mejor” camino a la raíz
- Relacionado con el “coste” hasta la raíz y ocasionalmente con el puerto por el que se recibió
- Incluye dependencia con la velocidad de los tramos



Spanning-Tree Protocol (STP)

Root Port

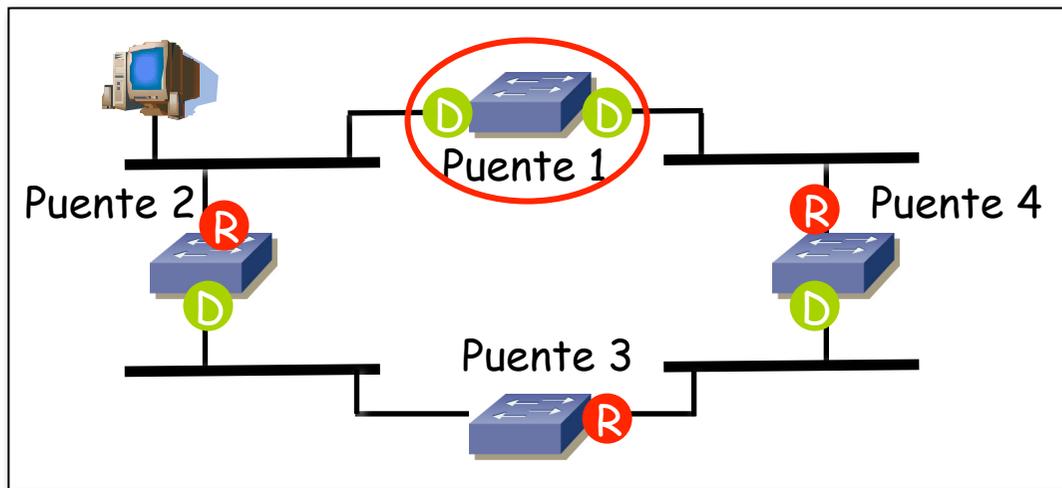
- Puerto con menor *Root Path Cost*
- Puente raíz es el único sin un puerto raíz



Spanning-Tree Protocol (STP)

Designated Port

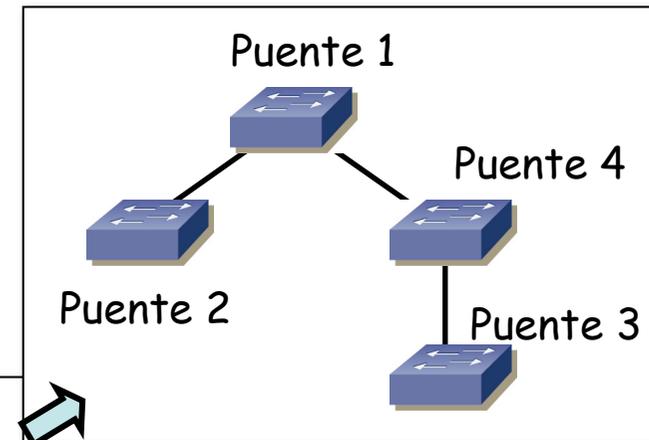
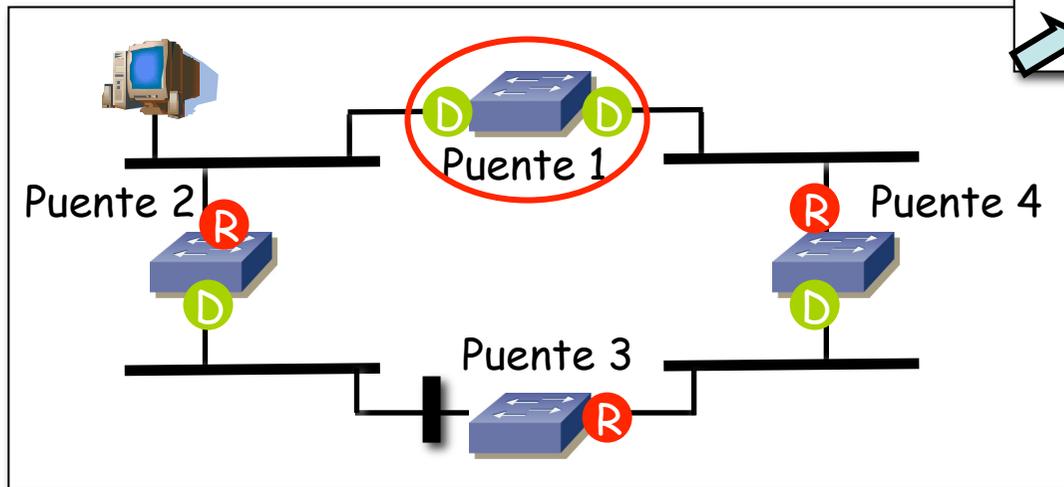
- Del puente conectado a una LAN con mejor camino hasta la raíz
- Uno por segmento



Spanning-Tree Protocol (STP)

Blocked Port

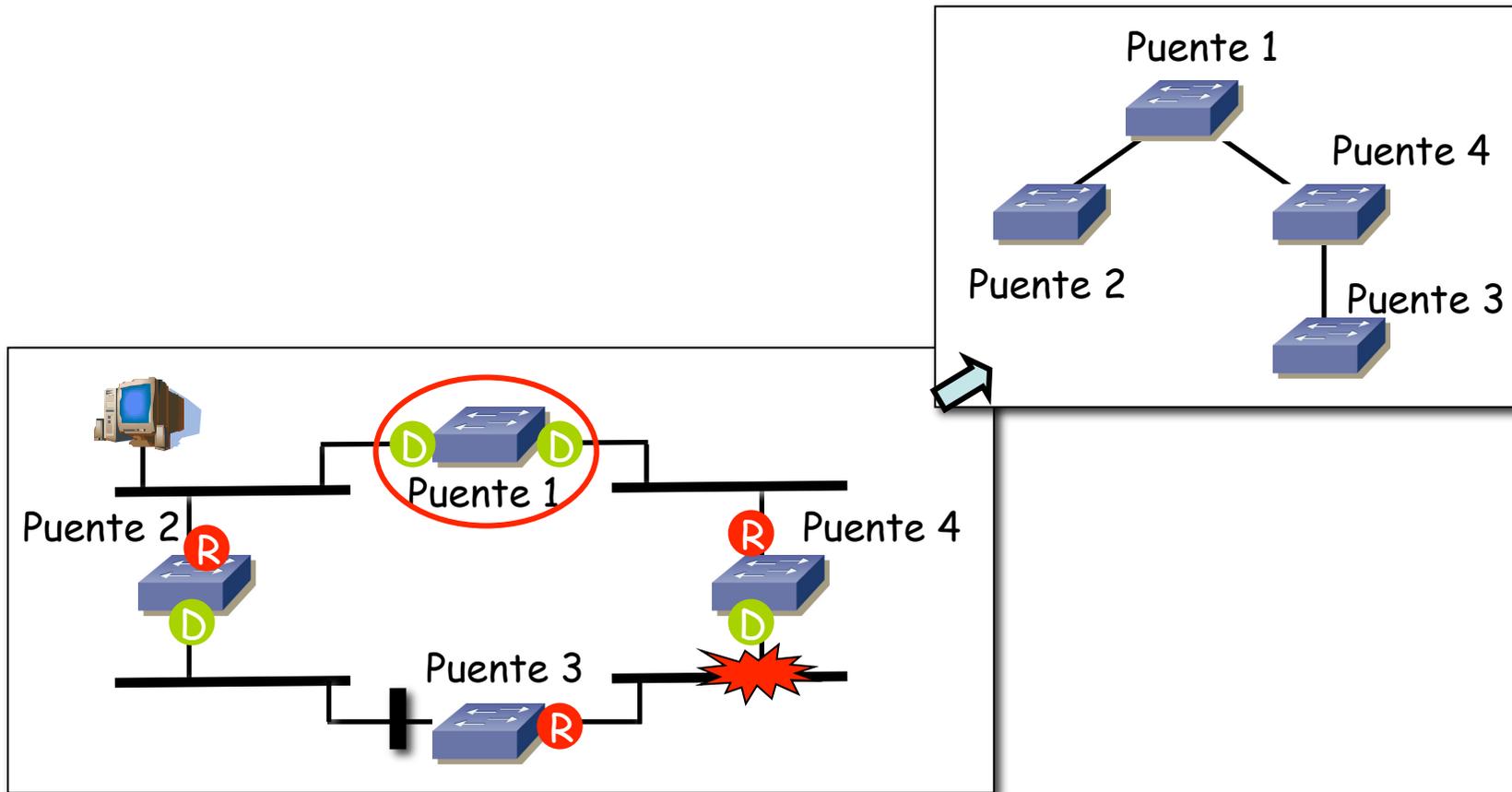
- No aprenden MACs ni reenvían tramas
- Se aceptan BPDUs
- Es un puerto *alternativo* o de *backup*
- Todos aquellos que ni son *Root* ni *Designated*



Spanning-Tree Protocol (STP)

Cambios en la topología

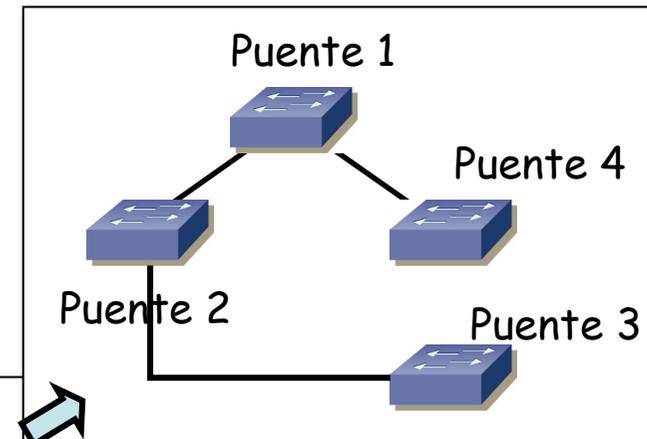
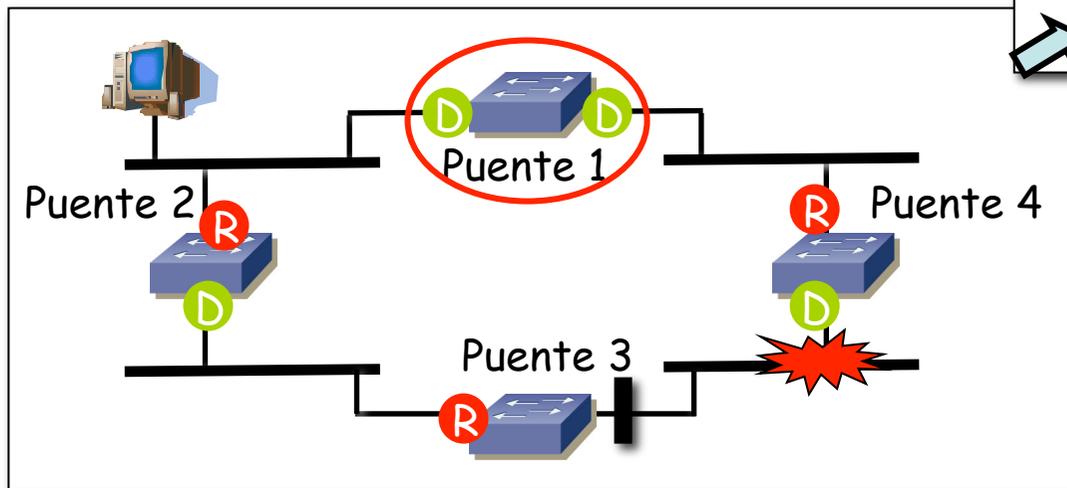
- Ante un fallo (...)
- Recalcular árbol (...)



Spanning-Tree Protocol (STP)

Cambios en la topología

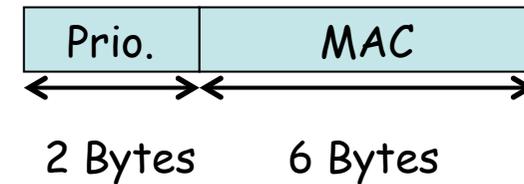
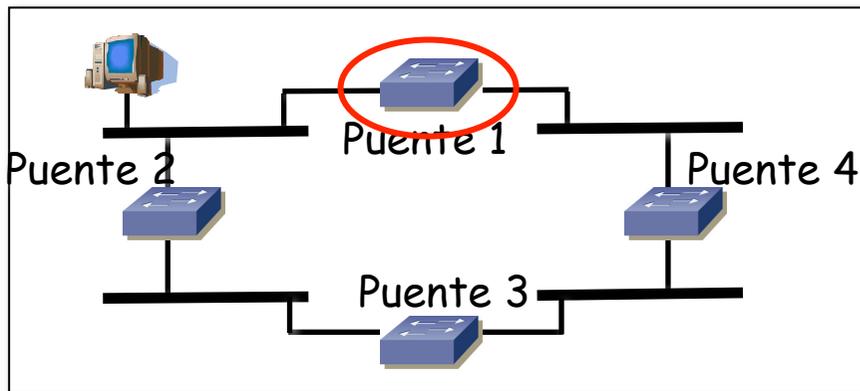
- Ante un fallo (...)
- Recalcular árbol (...)
- Tiempo de convergencia:
30-60 segs



Spanning-Tree Protocol (STP)

Selección del puente raíz

- Por defecto todos la misma prioridad
- Gana el de dirección MAC más baja
- Primeros 3 bytes de la MAC son el OUI
- ¡ Luego el ganador depende del fabricante !
- Cuidado pues puede ser el conmutador más lento
- Selección manual con el campo de prioridad



RSTP

Rapid Spanning-Tree Protocol

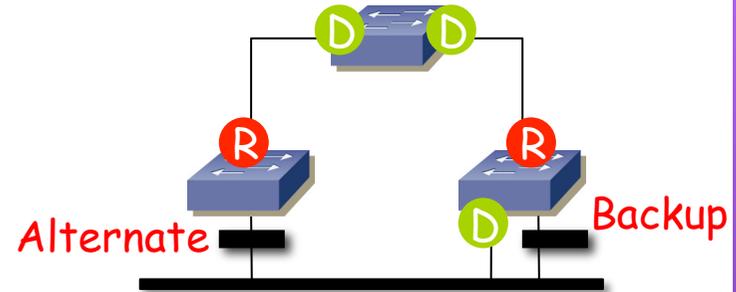
- IEEE 802.1w
- STP obsoleto
- RSTP en 802.1D-2004
- Tiempos de convergencia de 2-3 segs
- Tres estados posibles para un puerto: Discarding, Learning y Forwarding

STP Port State	RSTP Port State	Included in active topology?	Learning addresses?	MAC addresses?
Disabled	Discarding	No	No	No
Blocking	Discarding	No	No	No
Listening	Discarding	Yes	No	No
Learning	Learning	Yes	Yes	Yes
Forwarding	Forwarding	Yes	Yes	Yes

RSTP

Port Roles:

- *Root y Designated* (sin cambios)
- *Alternate y Backup*:
 - Corresponden a lo que antes eran *blocked port*
 - *Backup* es todo puerto que no es ni *Root* ni *Designated* y el puente es *Designated* para esa LAN (si no, es *Alternate*)
 - Un *Alternate port* da un camino alternativo hacia el root frente al puerto que se tiene como *Root*
 - *Backup port* da un camino alternativo pero siguiendo el mismo camino que el *Root port*
 - *Backup port* solo existe donde haya 2+ enlaces de un puente a una LAN
 - *Alternate* está bloqueado porque se han recibido BPDUs mejores (menor coste) de otro switch en el mismo segmento
 - *Backup* está bloqueado porque se han recibido BPDUs mejores **del mismo switch** en el mismo segmento



RSTP

- Evita loops temporales cuando se producen fallos o retirada de equipos
- No protege ante loops temporales formados mediante repetidores
- Se pueden configurar puertos como *edge* para que pasen inmediatamente al estado *forwarding*
- Pueden coexistir en la LAN puentes que implementen STP y RSTP

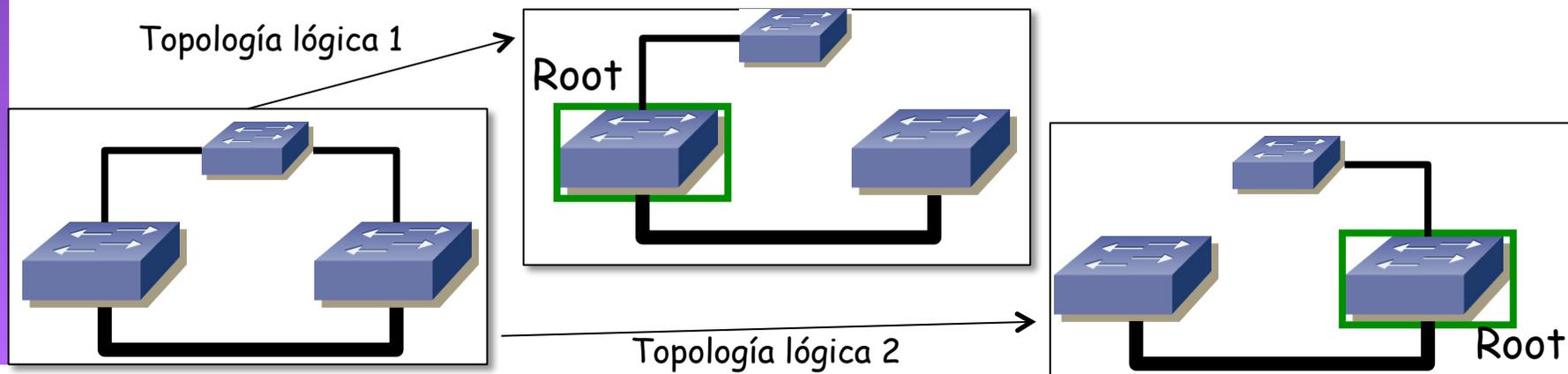
VLANs y Spanning Trees

Solución básica:

- Un ST común a todas las VLANs (1 sola topología lógica, cómputo barato)
- CST = Common Spanning Tree

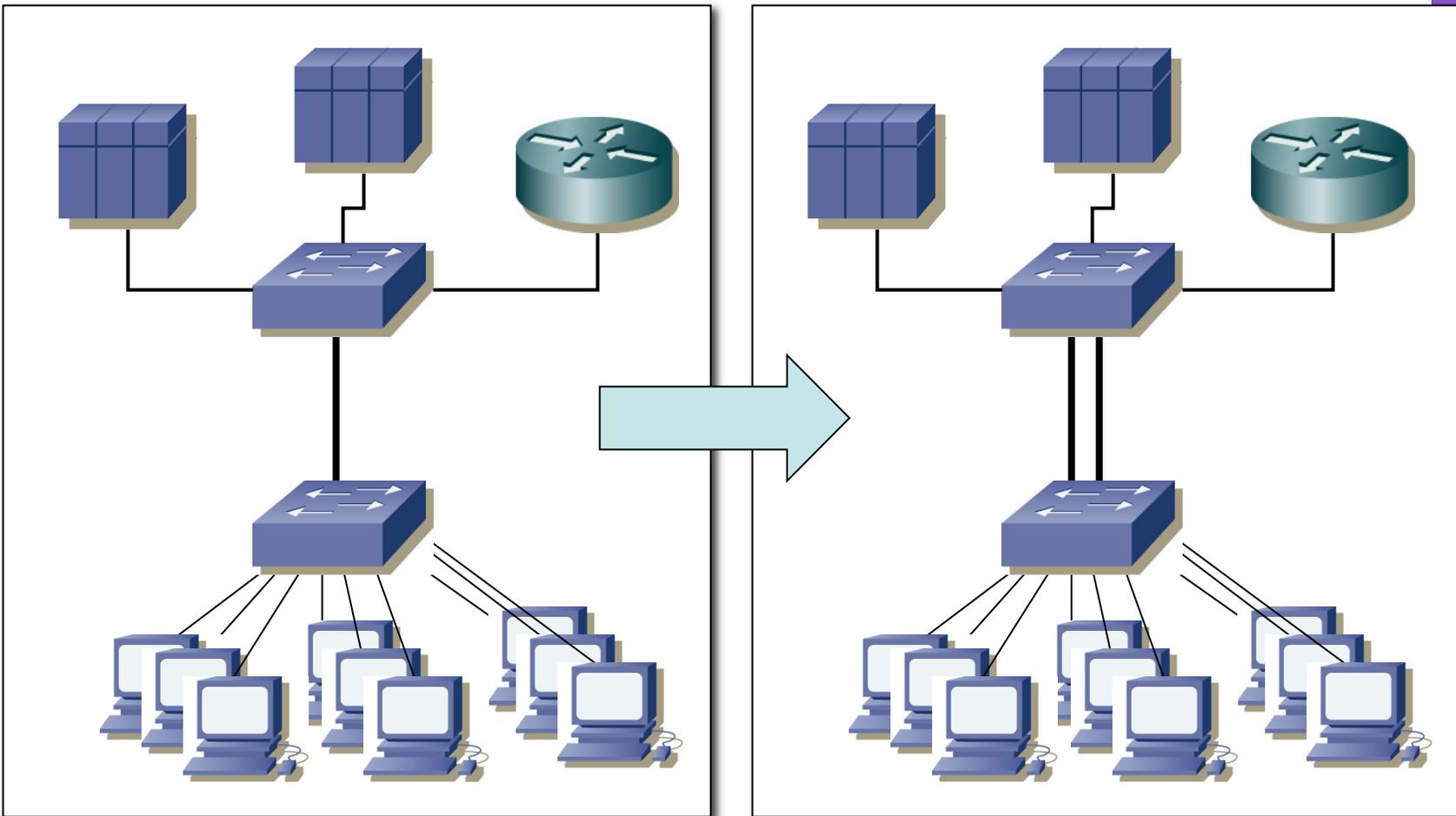
MSTP

- MSTP = Multiple Spanning Tree Protocol (modificación 802.1s a 802.1Q)
- Un ST por *grupo* de VLANs (que puede ser de una)
- Una topología lógica por VLAN o por grupo de VLANs
- Para cada grupo se pueden cambiar parámetros de ST, por ejemplo la prioridad para cambiar el Root Bridge
- Ejemplo: topología física con solo 2 posibles topologías lógicas, si se tienen N VLANs ($N > 2$) no es rentable calcular N STs



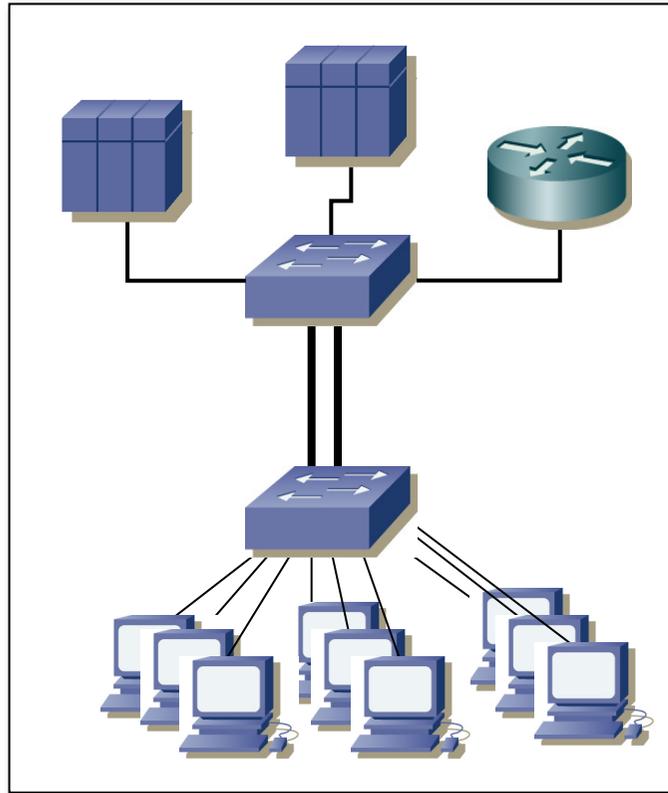
Link Aggregation

- IEEE 802.3ad
- Ahora 802.1AX



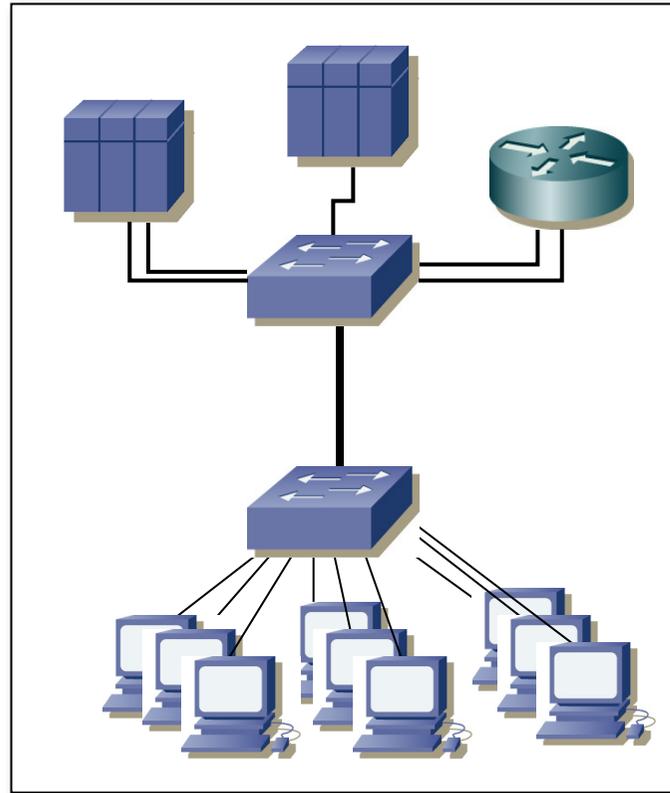
Link Aggregation

- Tipos de agregación:
 - *Switch-to-switch*



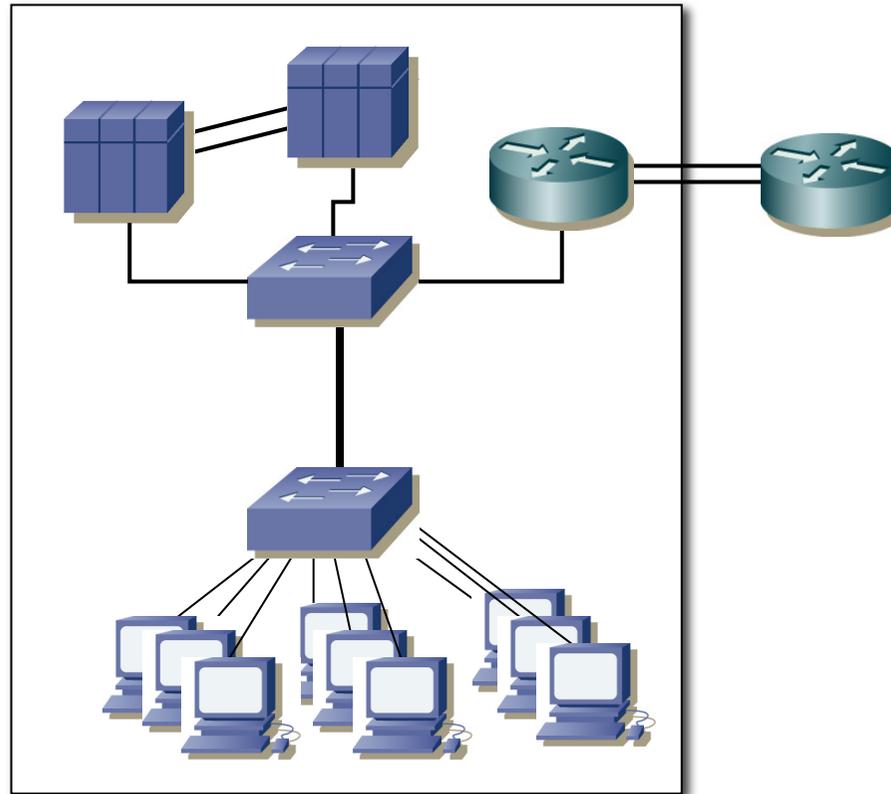
Link Aggregation

- Tipos de agregación:
 - *Switch-to-station*



Link Aggregation

- Tipos de agregación:
 - *Station-to-station*



Link Aggregation

- Implementado entre el subnivel MAC y el LLC
- Los enlaces se agregan en Grupos
- El agregado: como un solo interfaz
- Conversación: tramas de la misma MAC → MAC y prioridad
- Mantiene el orden de las tramas de la misma conversación
- ¿Cómo? (...)

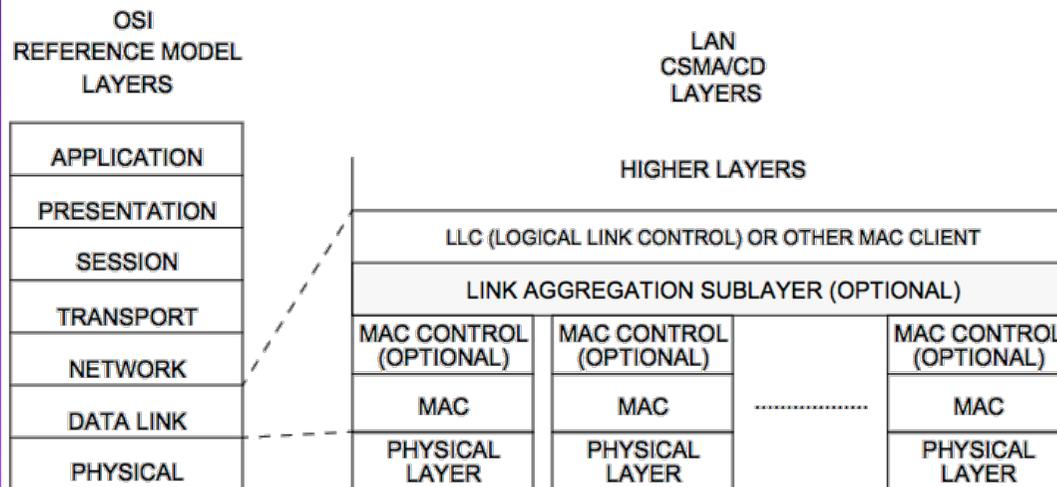
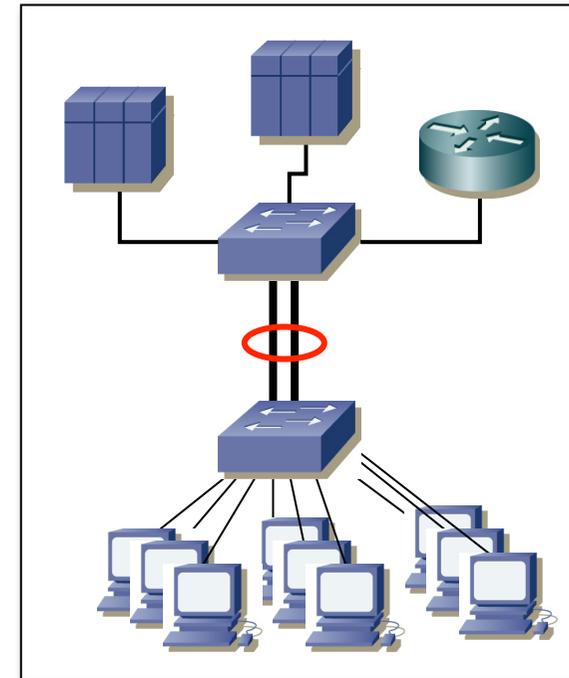


Figure 5-2—Architectural positioning of Link Aggregation sublayer
 IEEE 802.1AX



Link Aggregation

- Implementado entre el subnivel MAC y el LLC
- Los enlaces se agregan en Grupos
- El agregado: como un solo interfaz
- Conversación: tramas de la misma MAC → MAC y prioridad
- Mantiene el orden de las tramas de la misma conversación
- ¿Cómo? Mandándolas siempre por el mismo enlace del grupo

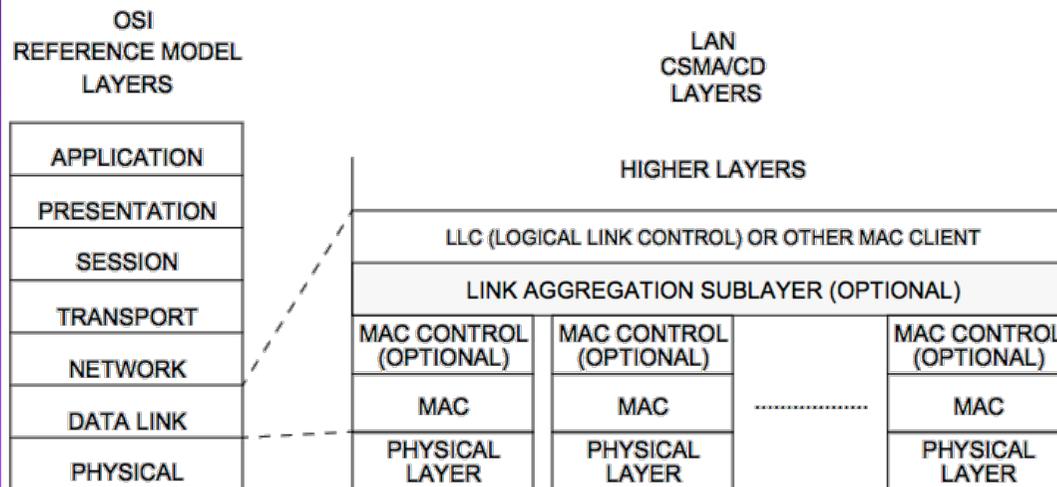
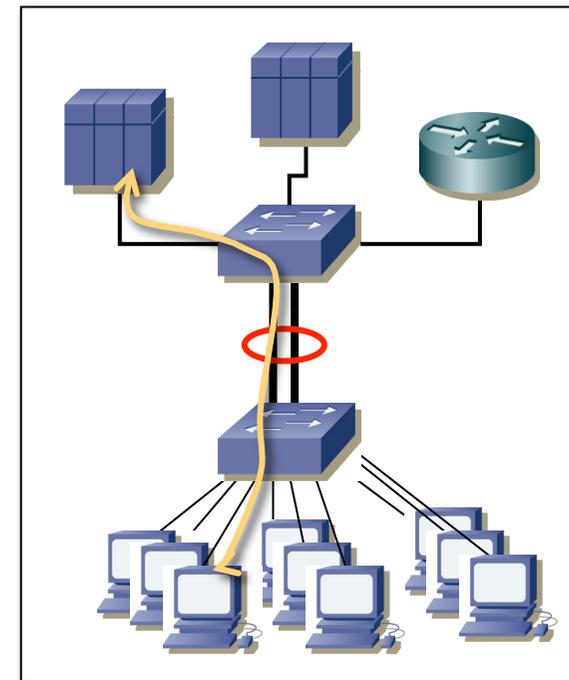


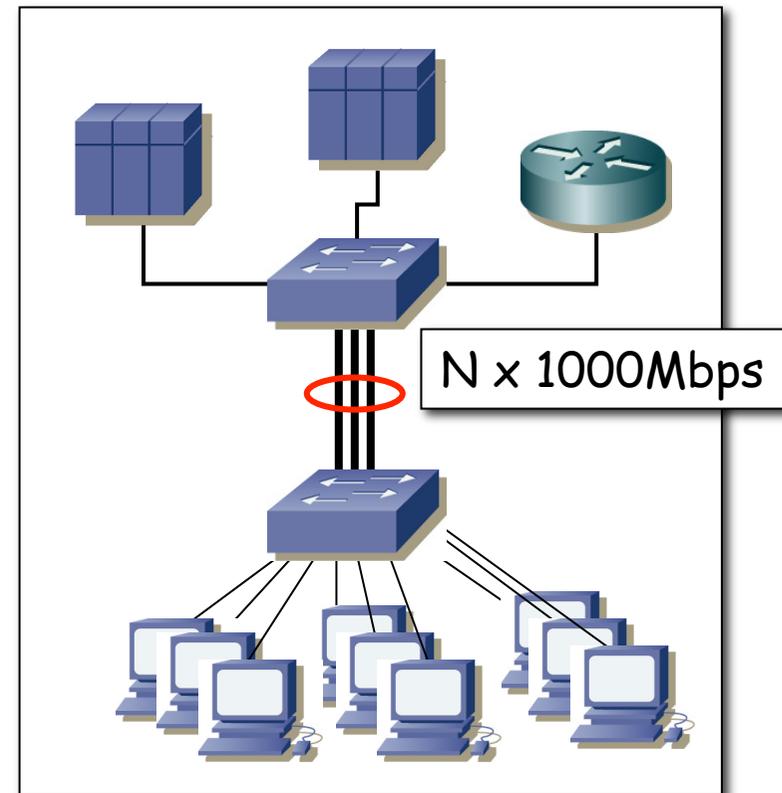
Figure 5-2—Architectural positioning of Link Aggregation sublayer

IEEE 802.1AX



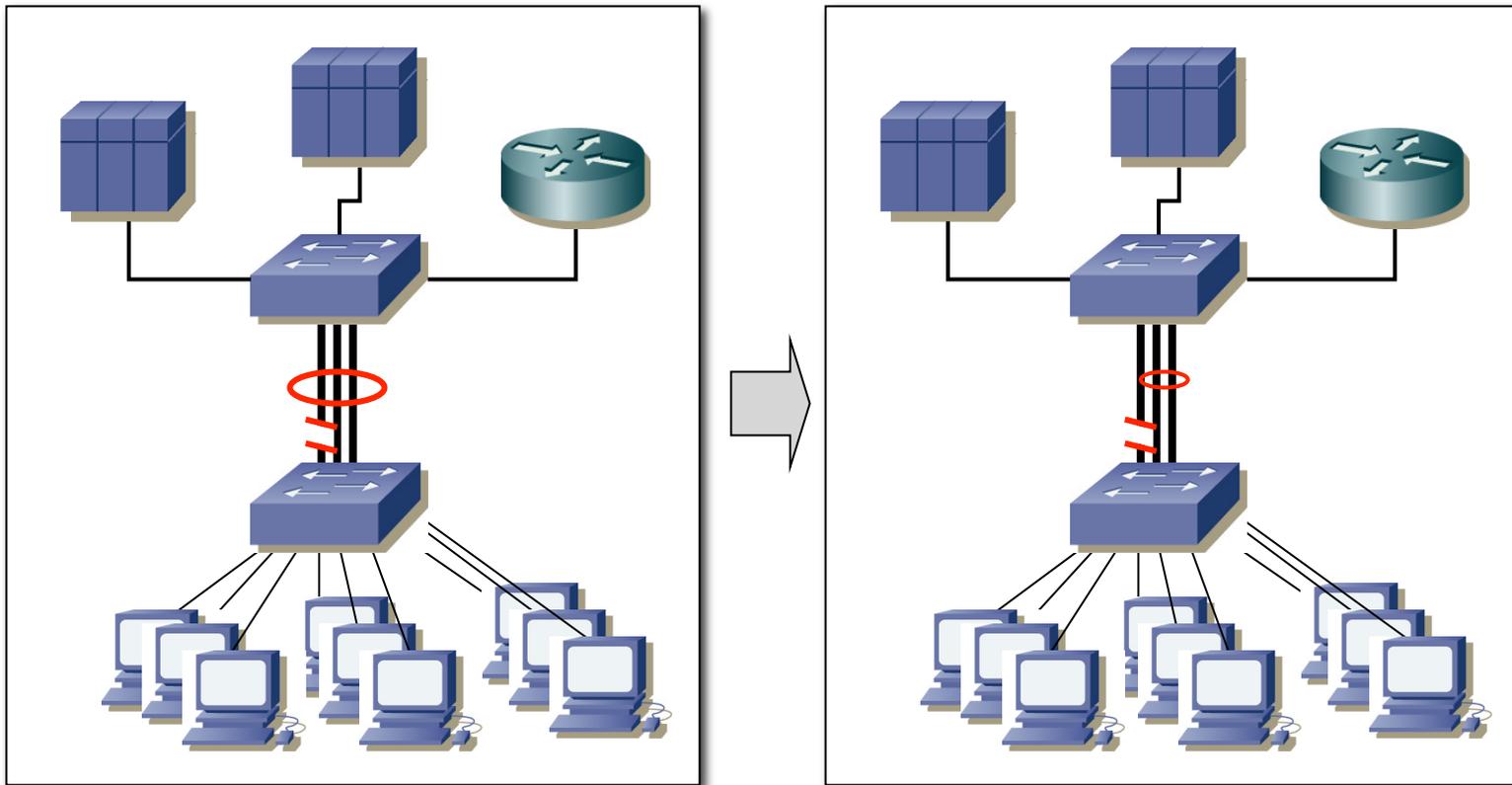
Link Aggregation

Mayor ancho de banda



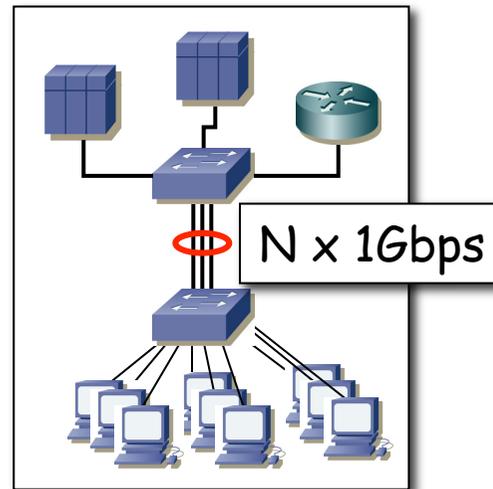
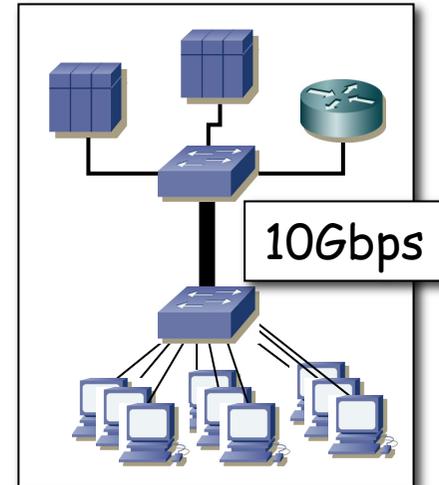
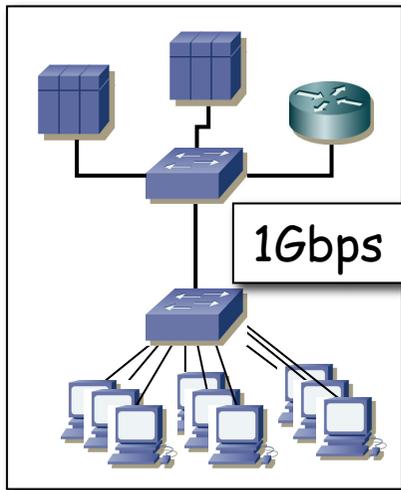
Link Aggregation

Mayor disponibilidad



Link Aggregation

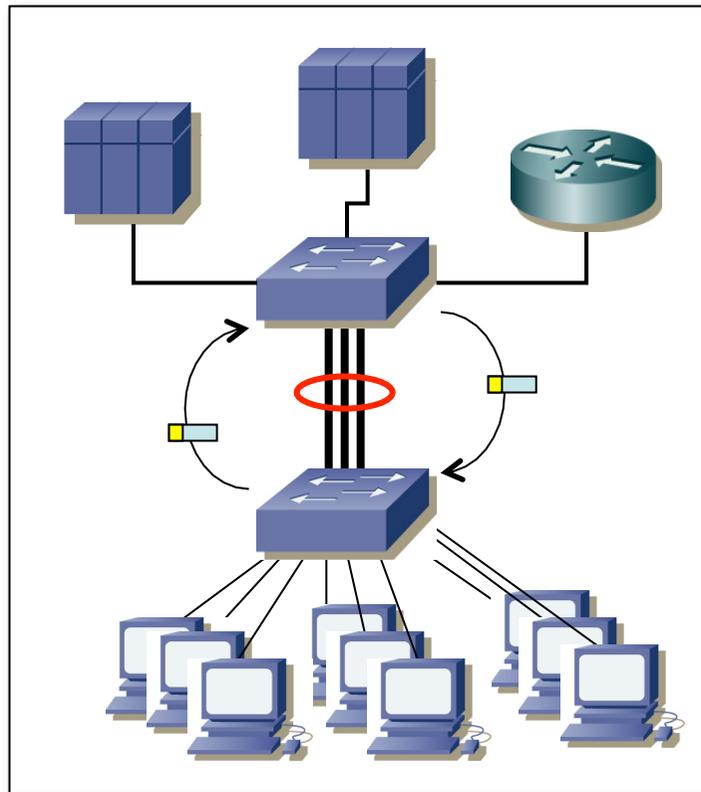
Mayor granularidad



Link Aggregation

Configuración automática

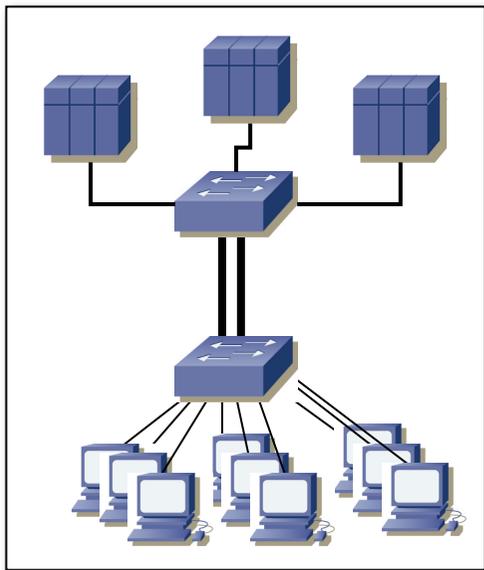
- Link Aggregation Control Protocol (LACP)
- Rápida reconfiguración (<1seg)



Link Aggregation

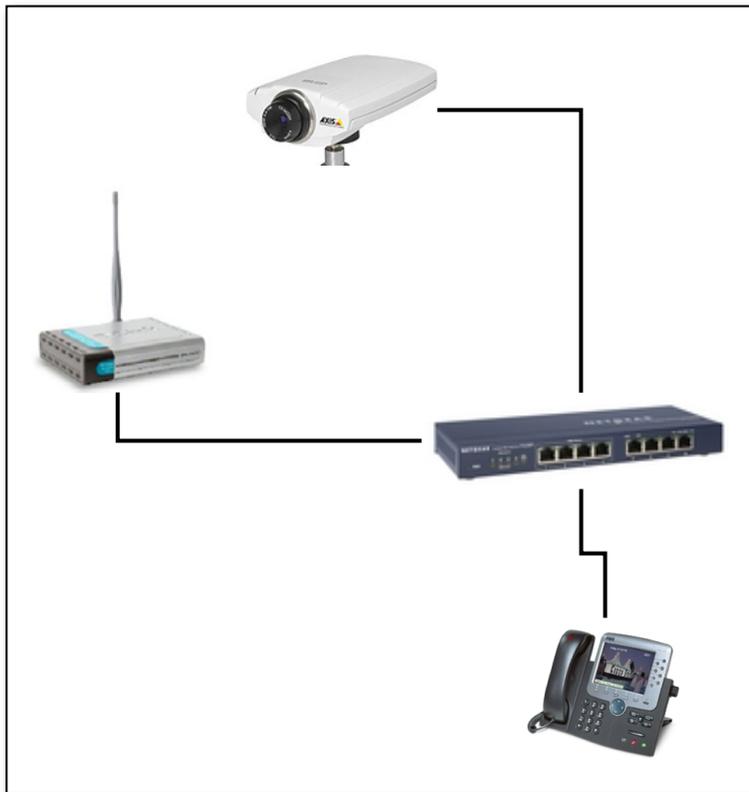
Limitaciones:

- No más de 2 extremos
- Solo 802.3 (ej. no FDDI)
- No soporta enlaces half-duplex
- No puede agregar enlaces de diferentes velocidades
- Si la conversación es directamente $A \rightarrow B$ no puede repartir el flujo en más de un enlace (salvo con información de niveles superiores)

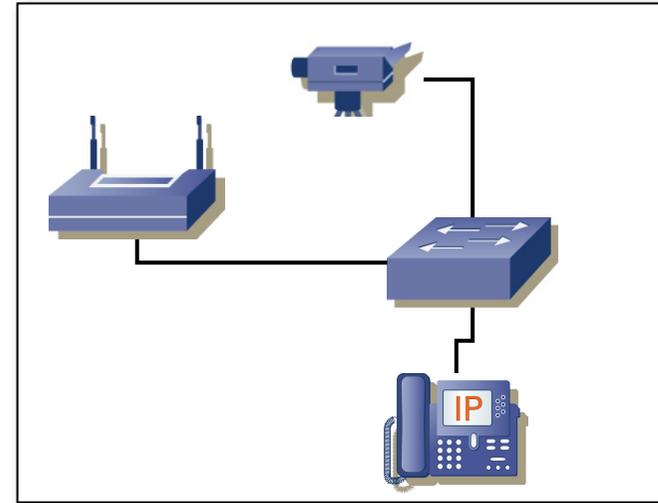


Power over Ethernet (PoE)

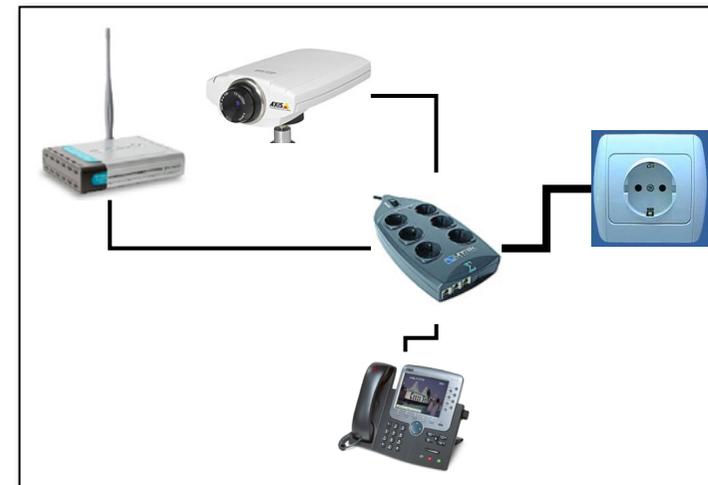
- IEEE 802.3af (cláusula 33 de 802.3-2005)
- Además de datos, corriente sobre cable Cat.3 ó 5 (15.4 W)
- PoE+ (802.3at) (30W)



=



+



Resumen

- Árboles de expansión para romper ciclos
- Se recalcula la topología ante cambios en la misma
- El árbol puede ser único o para un conjunto de VLANs
- Agregación de varios enlaces de misma velocidad se comporta como uno solo
- Una “conversación” solo puede usar un enlace del agregado
- Pequeños dispositivos pueden alimentarse directamente del cable Ethernet