



# Protocolo Spanning-Tree con Packet Tracer



**Jose Esquivel**

Gerente Técnico – Latinoamérica y Caribe

[joesquiv@cisco.com](mailto:joesquiv@cisco.com)

Cisco | Networking Academy®  
Mind Wide Open™

# Objetivos

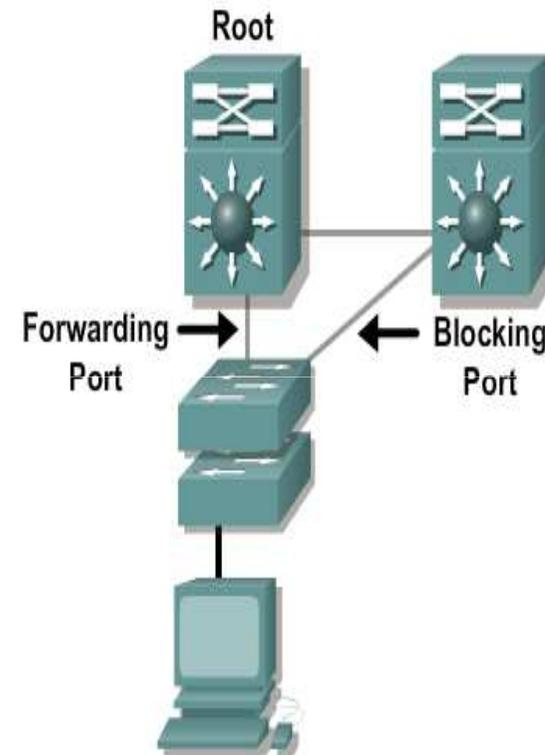
- Explicar la función de redundancia en una red convergente.
- Resumir la forma en que funciona STP para eliminar los bucles de capa 2 de una red convergente.
- Explicar la forma en que el algoritmo de STP utiliza tres pasos para converger en una topología sin bucles.
- Implementar PVST+ rápido en una LAN.

# Importancia del Spanning-tree



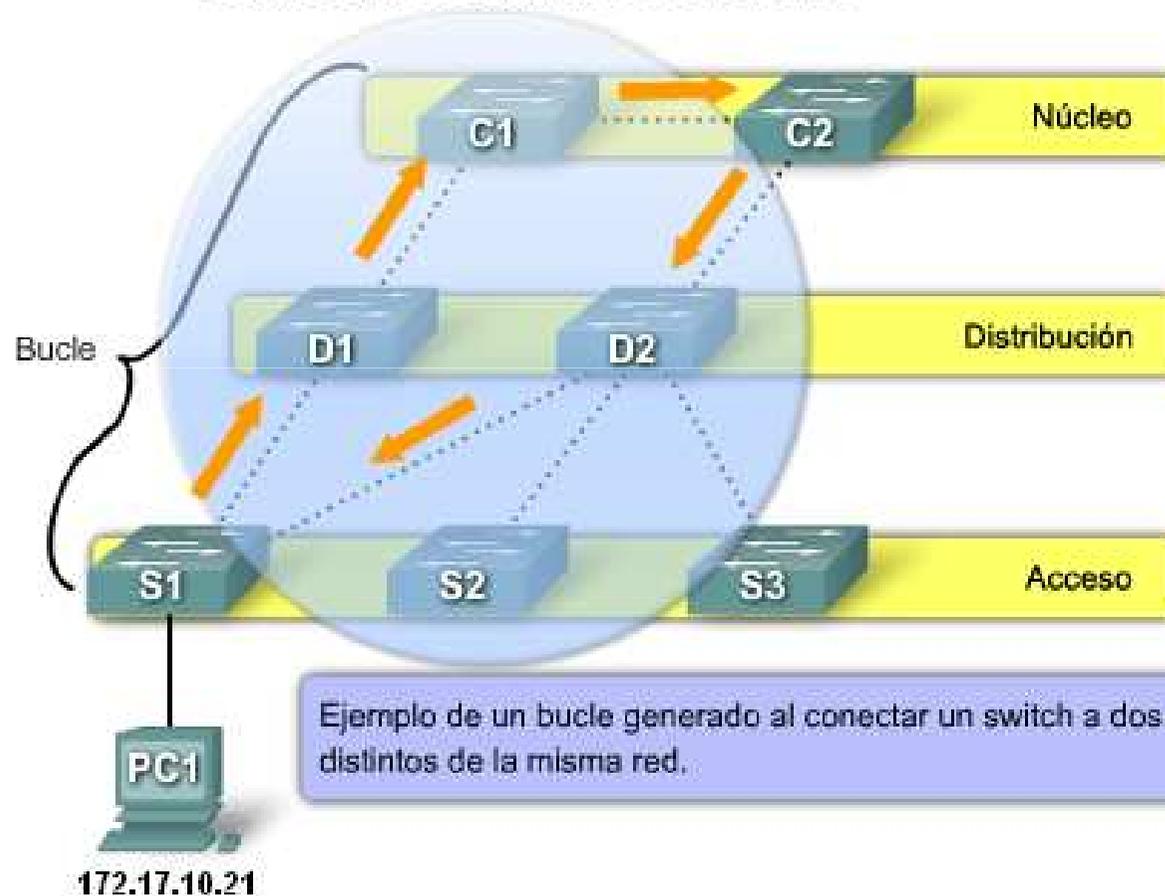
# Funciones del Spanning-Tree

- El STP es un protocolo de prevención de bucles físicos en la LAN
- El STP permite que los switches se comuniquen para descubrir loops físicos en la red y eliminarlos.
- Al configurar STP en redes con varias VLAN se puede habilitar balanceo de tráfico en capa 2.

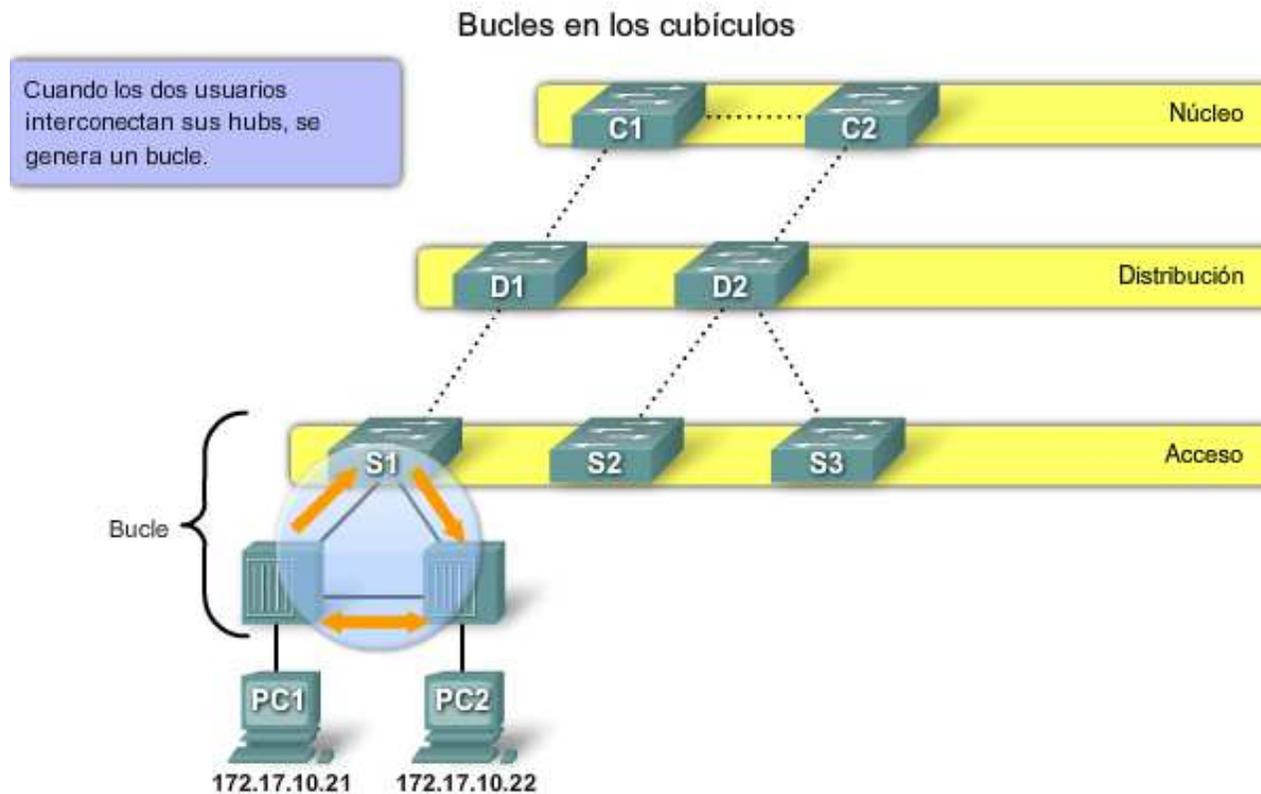


# Los bucles son una consecuencia del diseño de redes redundantes

## Bucles en el armario de cableado

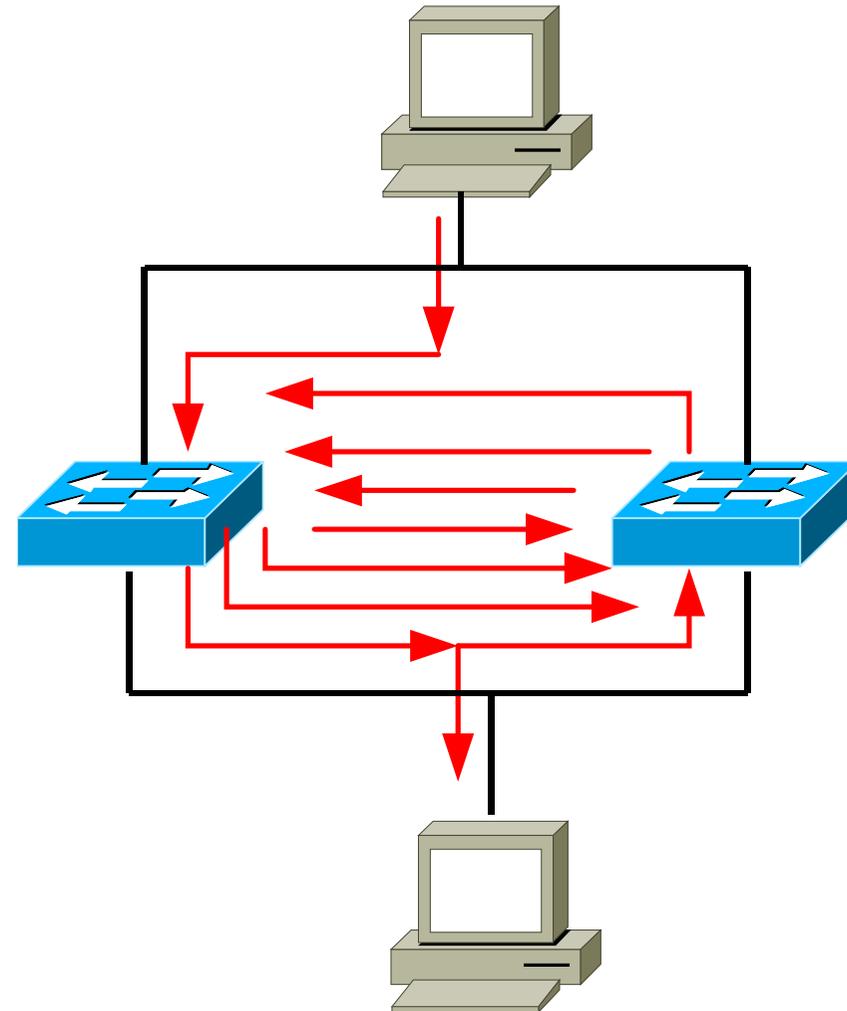


# También se generan bucles por error

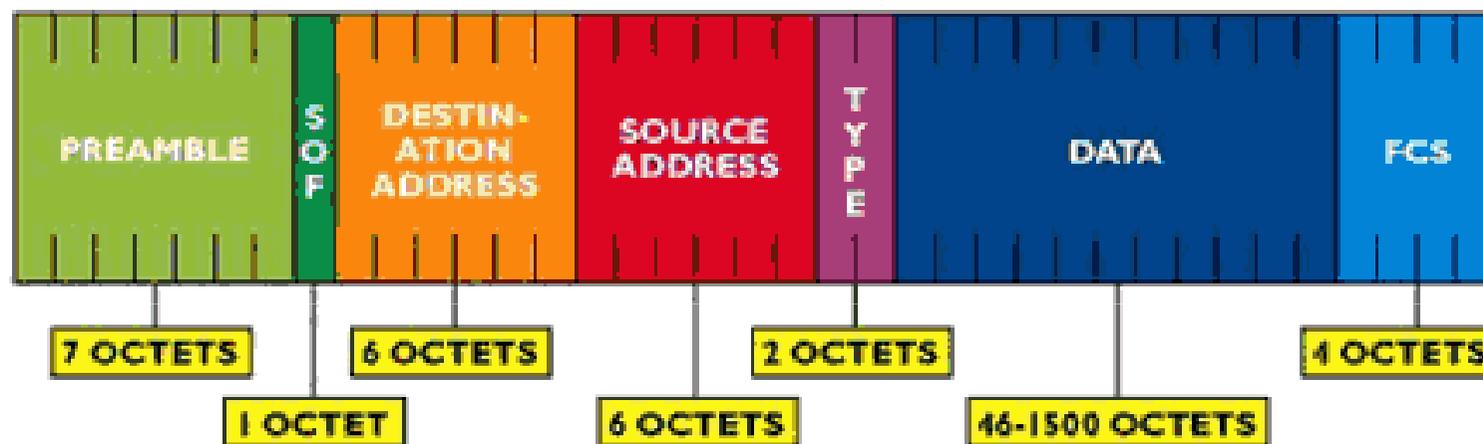


# Consecuencia de los bucles

Si no se controlan los bucles cuando se envíen broadcast se generaría tráfico excesivo → tormentas de broadcast

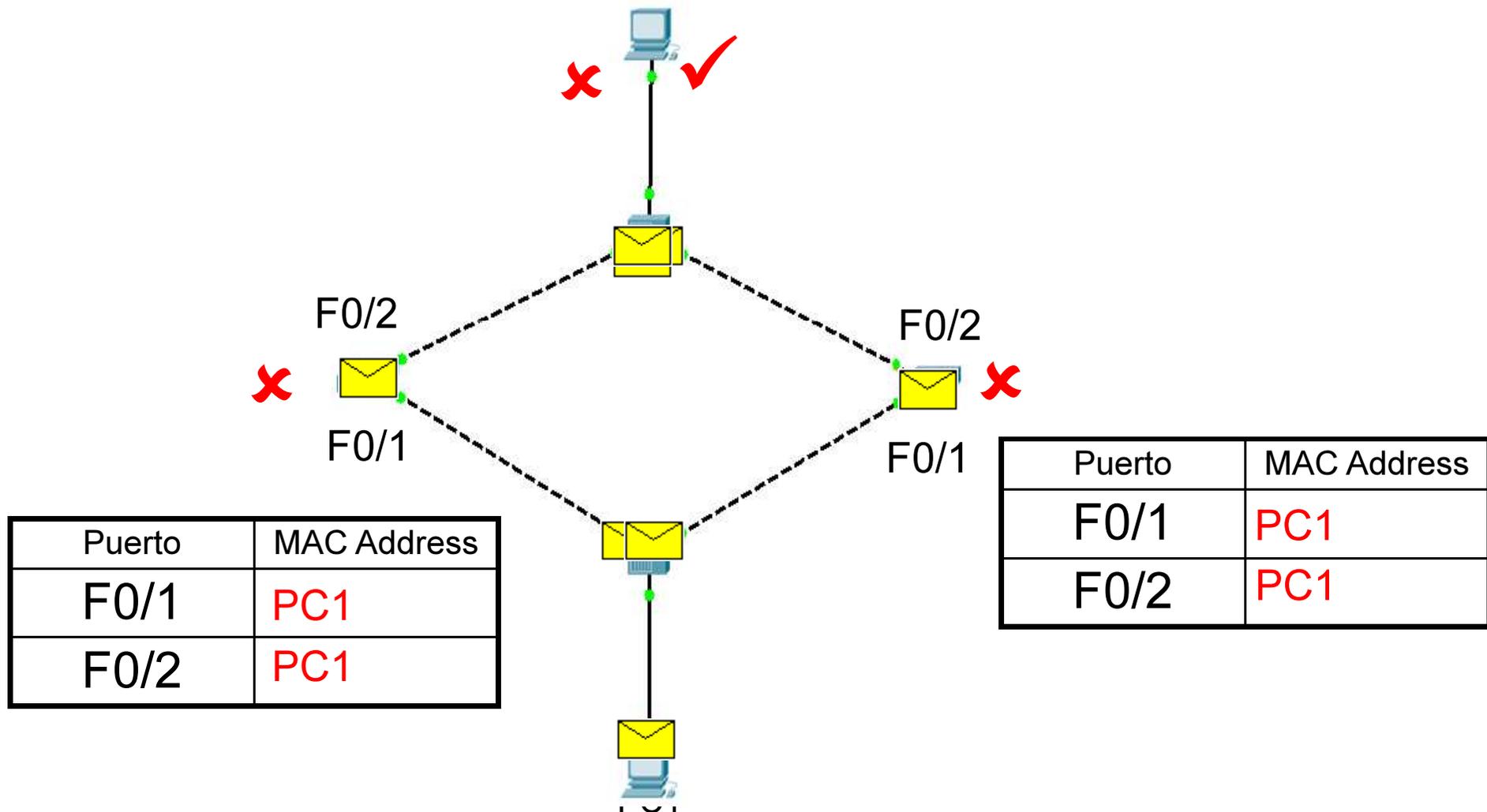


## Problema con los bucles en Capa 2



Las tramas no tienen un TTL, esto hace que si se genera un bucle, la trama seguirá indefinidamente.

# Errores en tablas MAC cuando hay bucles físicos – tráfico Unicast

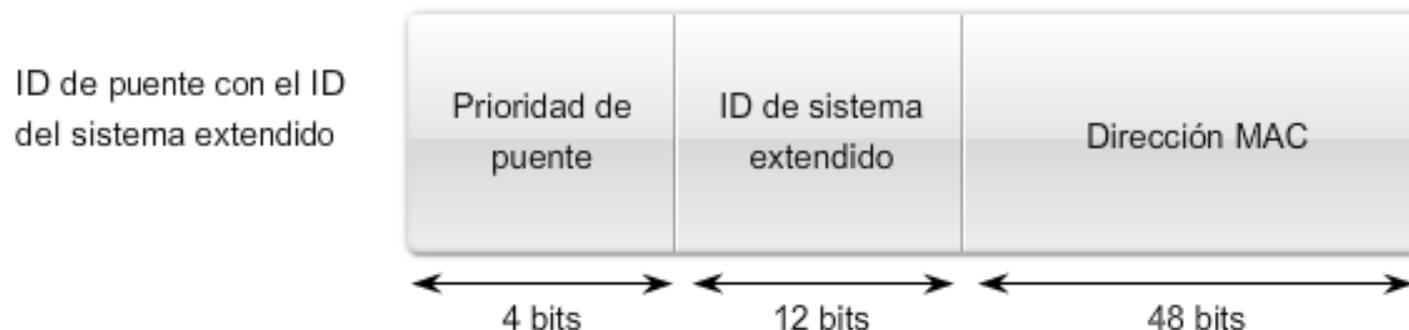


# Conceptos Previos



# El Bridge ID o Identificador del Puente

- Todo switch tiene un identificador o Bridge ID (BID)
- Este consiste de 8 bytes donde los primeros 2 bytes son la prioridad y los restantes 6 bytes la MAC address del switch.
- La prioridad por defecto es 32768



# Costo del puerto

- Todo puerto tiene un costo según la velocidad del enlace.

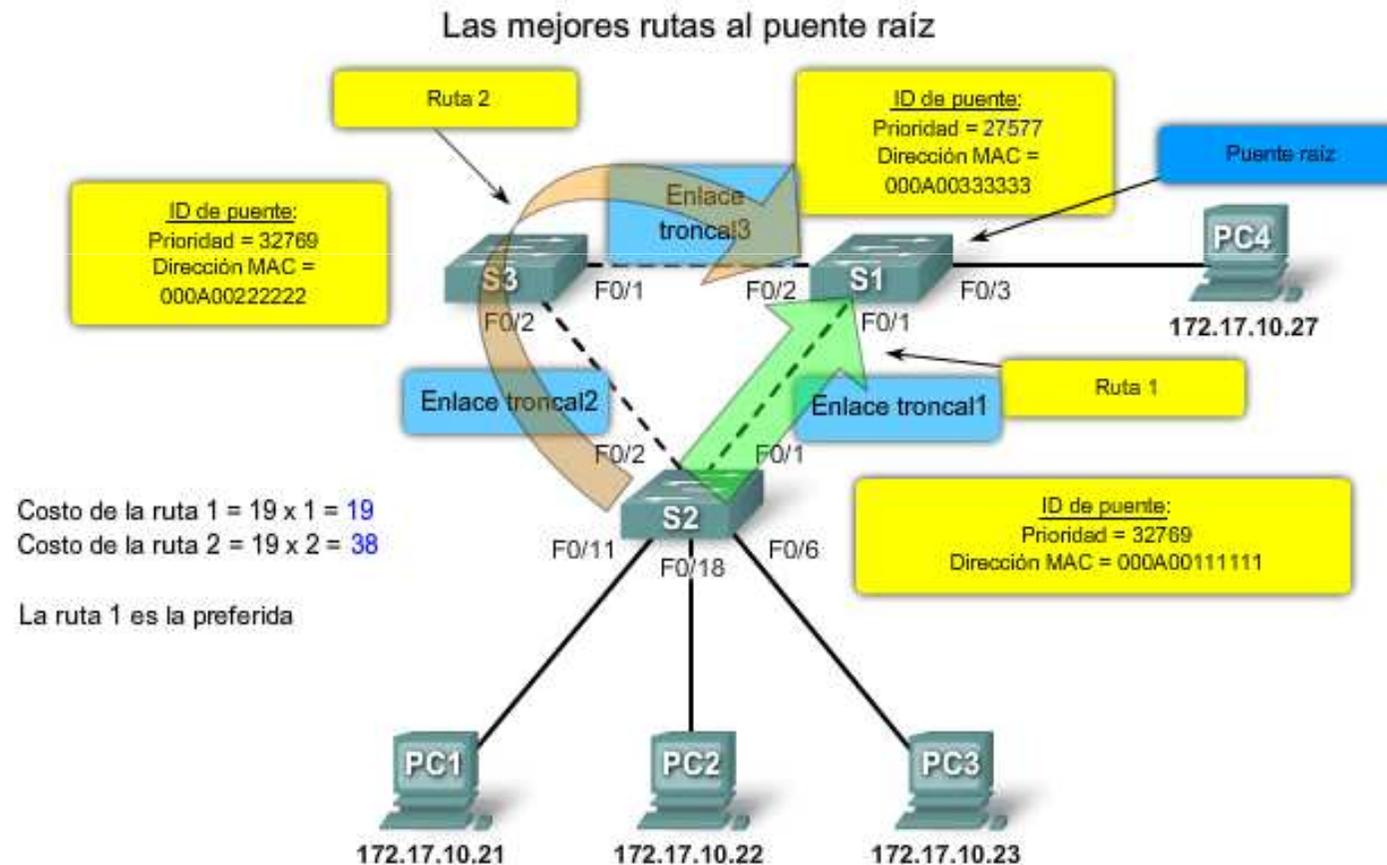
Velocidad de enlace	Costo (especificación IEEE revisada)
10 Gb/s	2
1 Gb/s	4
100 Mb/s	19
10 Mb/s	100

- El costo puede ser modificado manualmente

```
S2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
S2(config)#interface f0/1
S2(config-if)#spanning-tree cost 25
S2(config-if)#end
S2#
```

# Costo del ruta

- El costo de ruta se calcula sumando los costos de puerto de todos los enlaces de un switch a otro

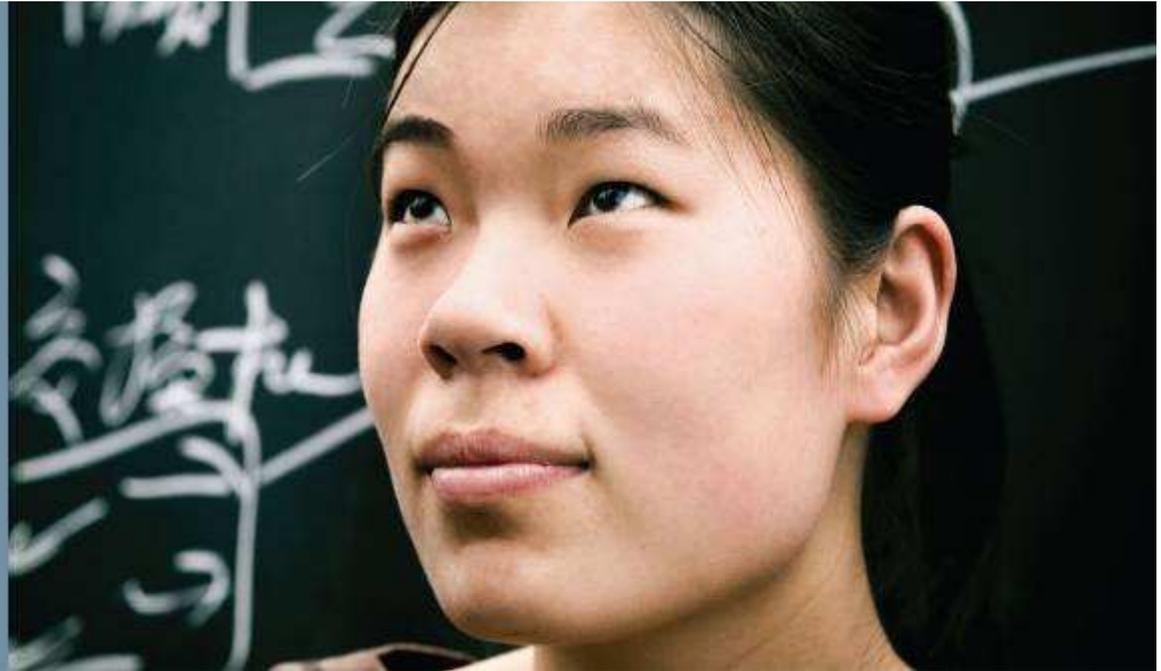


# BPDU

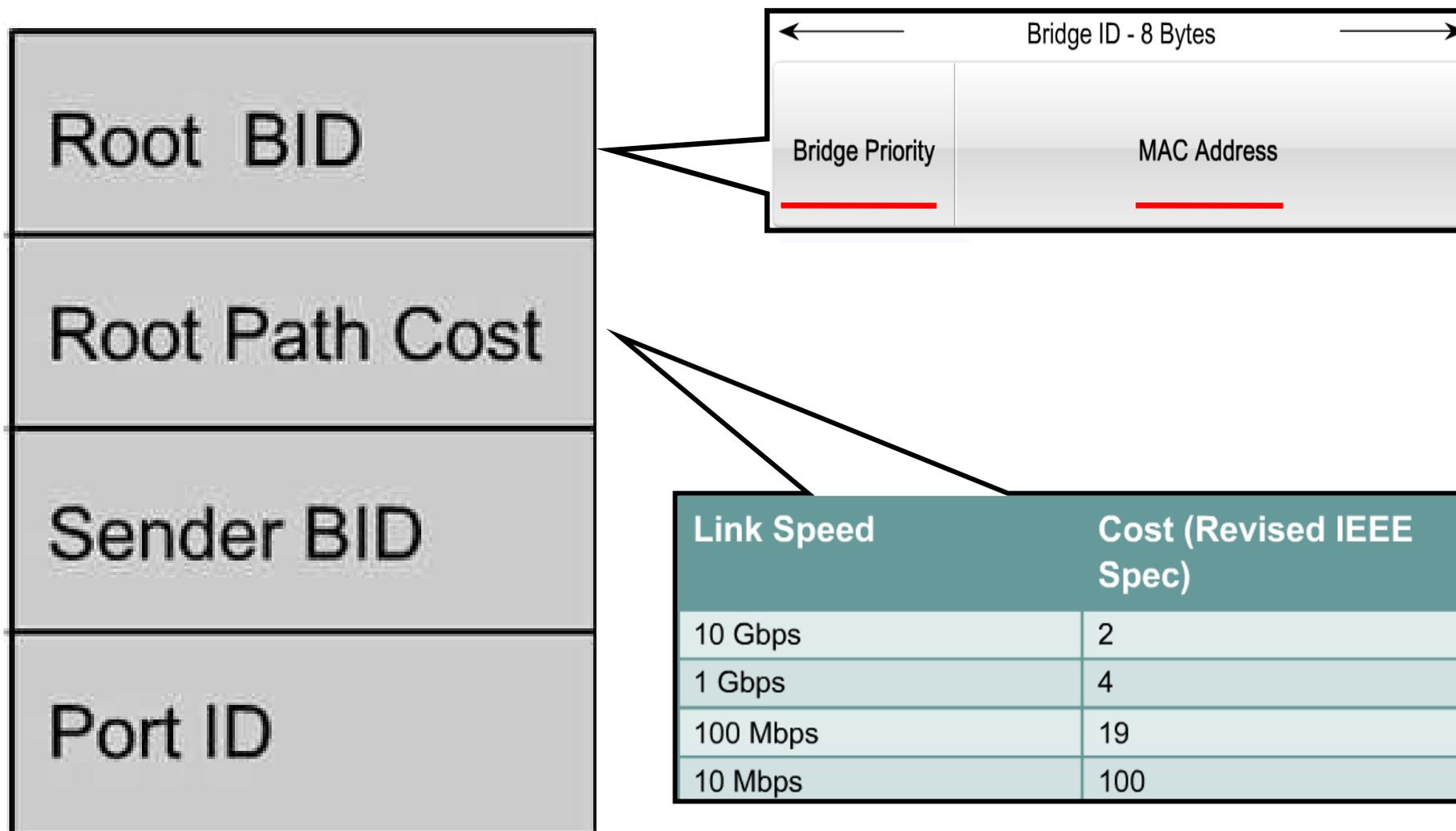
- Tramas multicast enviadas por los switches para la operación del Spanning-tree.
- Tipos de BPDU
  - Configuración
  - Cambio de topología

Campo #	Bytes	Campo
4	2	ID de protocolo
	1	Versión
	1	Tipo de mensaje
	1	Señaladores
8	8	ID de raíz
	4	Costo de la ruta
	8	ID de puente
	2	ID del puerto
12	2	Antigüedad del mensaje
	2	Antigüedad máxima
	2	Tiempo de saludo
	2	Retraso en el envío

# Algoritmo STP

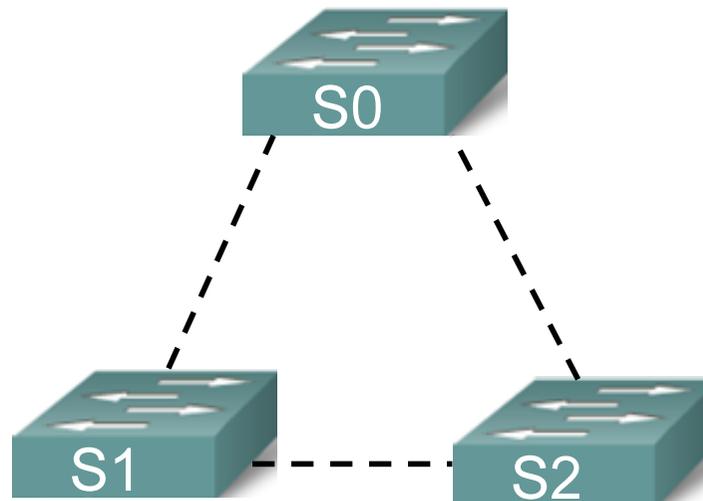


# Secuencia de decisión en STP

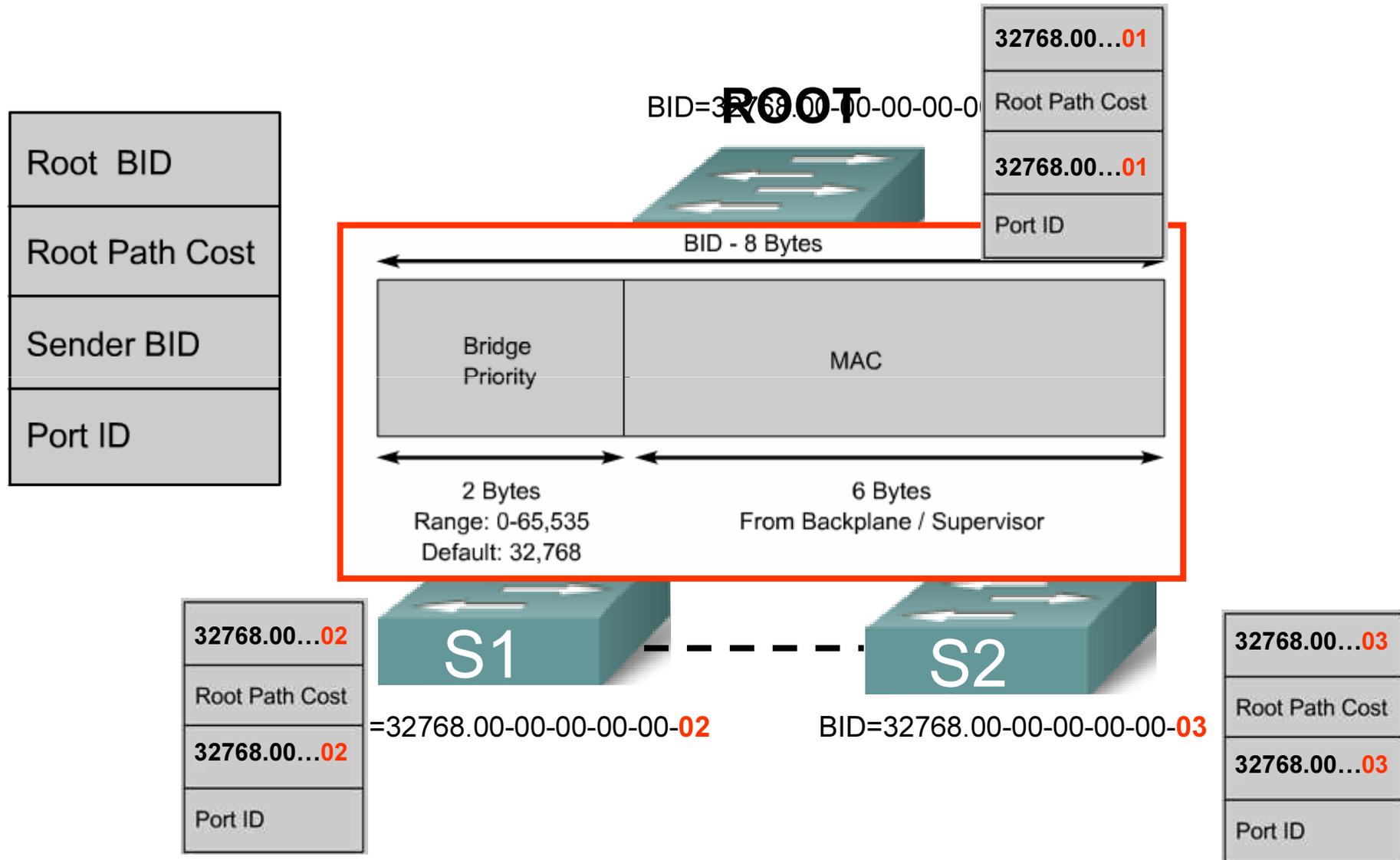


# Algoritmo Spanning-tree

- El proceso de convergencia ocurre en 3 pasos
- Pasos del STP
  1. Elección del Switch Raíz o Root Bridge
  2. Selección de Puertos Raíz o Root Ports
  3. Selección de puertos Designados y No Designados

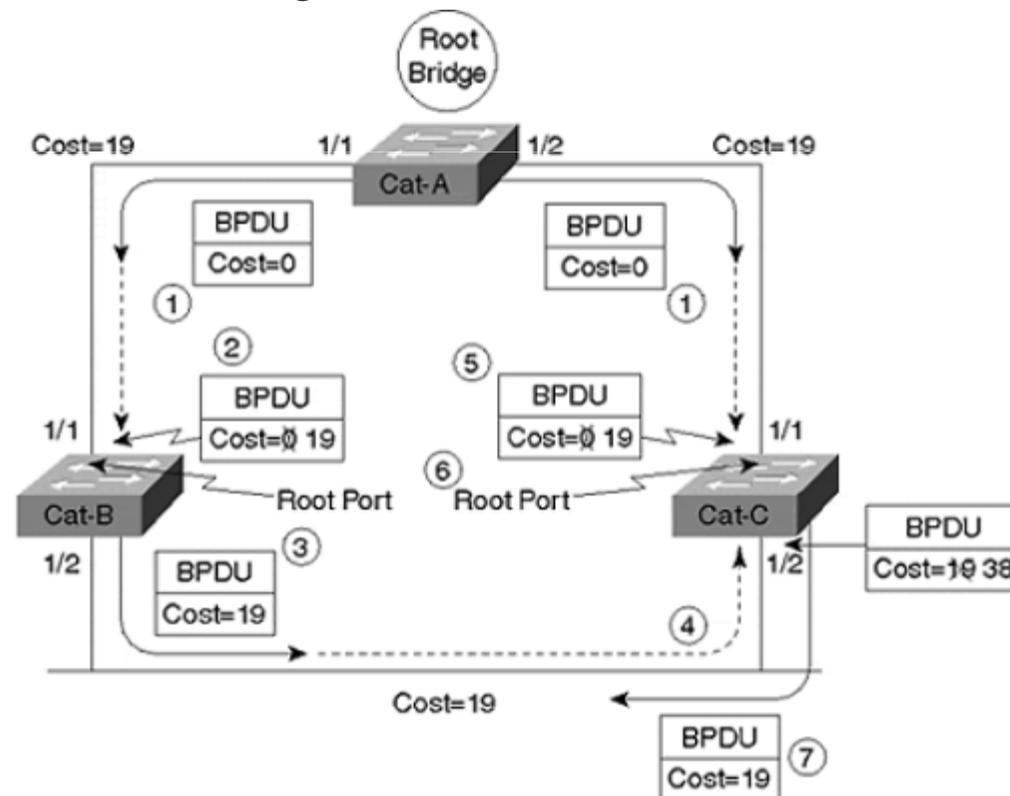


# Paso 1: Seleccionando el Root Bridge

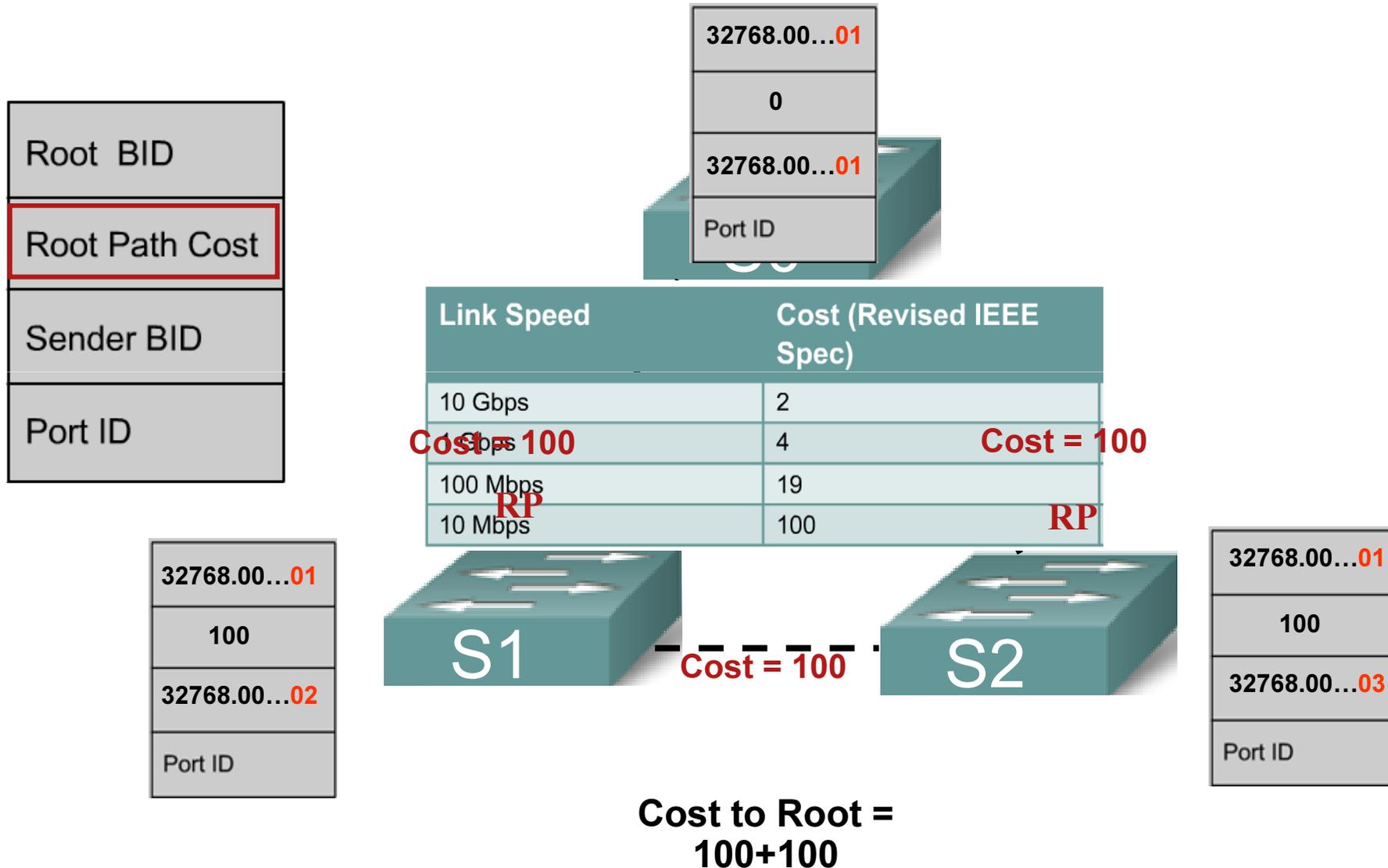


## Pasos 2: Elección de puertos Raíz

- Luego de elegir el Root Bridge, los **demás switches** deben escoger entre sus puertos el que esté más cerca del Root Bridge.
- Para esto, se hace uso del Root Path Cost. El costo acumulado de un switch hasta el Root Bridge.



# Paso 2: Selección de Puertos Raíz

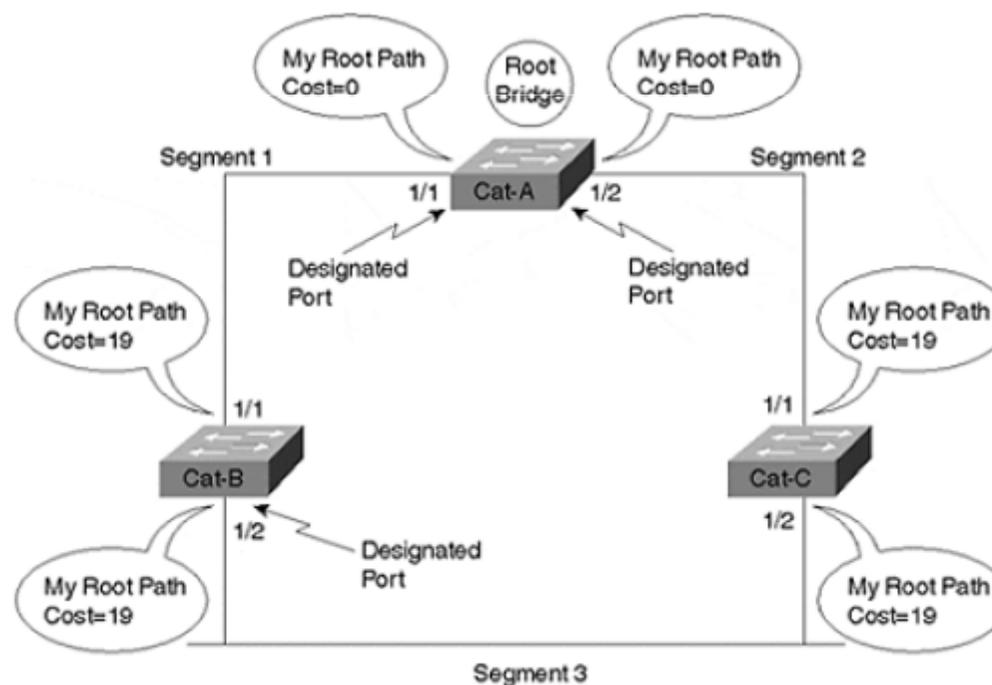


# Selección de Puertos Designados

Luego de elegido el Root Bridge y los root ports de cada switch, es necesario elegir un puerto designado **por cada segmento LAN**.

La tarea de este puerto será la de propagar las tramas de usuario a dicho segmento. Todos los demás puertos quedarán en un estado de bloqueo.

- Los puertos designados se eligen a partir del costo acumulado hacia el Root Bridge.
- En caso de empate, se utiliza el BID de los switches
- En caso de empate se utiliza el ID del puerto



# Resumen

Una red tiene 15 switches, y 146 segmentos y una única VLAN configurada. Cuántos Puentes Raíz, Puertos Raíz y puertos designados hay en la red?

- **Respuesta:**
  - Puentes Raíz (root bridge): 1
  - Puertos Raíz: 14
  - Puertos Designados: 146

Si hay varias VLAN configuradas cómo cambia la respuesta en un entorno de PVST

# Estado de los puertos

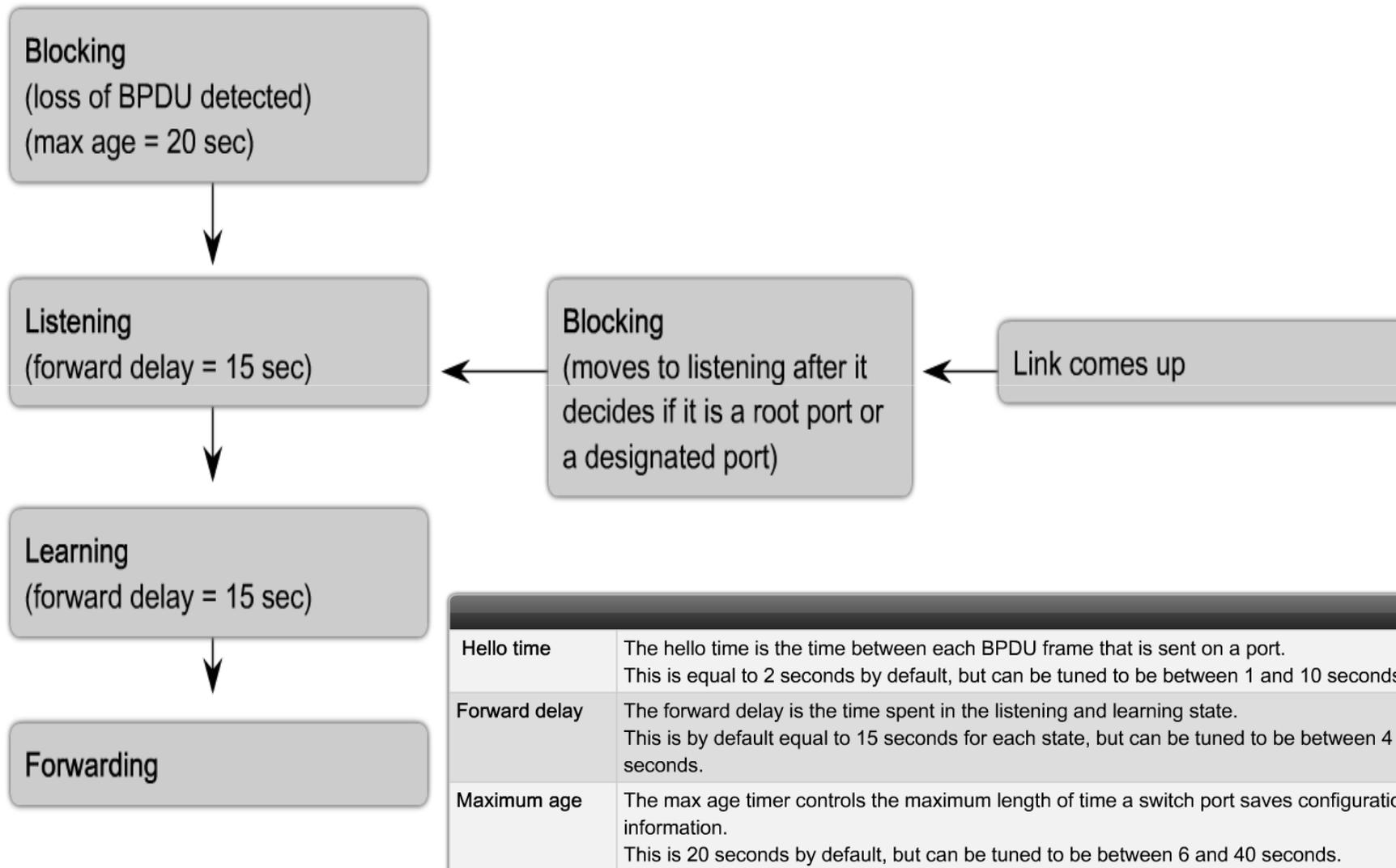
Los puertos pasan por los siguientes estados: Bloqueo, Escuchar, Aprender, Enviar. Si el puerto está apagado o desconectado se encuentra en estado Deshabilitado.

Procesos	Bloqueo	Escuchar	Aprender	Enviar	Deshabilitar
Recibe y procesa las BPDUs	SI	SI	SI	SI	NO
Enviar tramas de datos recibidas en la interfaz	NO	NO	NO	SI	NO
Enviar tramas de datos conmutadas de otra interfaz	NO	NO	NO	SI	NO
Aprender las direcciones MAC	NO	NO	SI	SI	NO

Los puertos Raíz y Puertos Designados luego de la convergencia pasan al estado de Enviar (Forwarding)

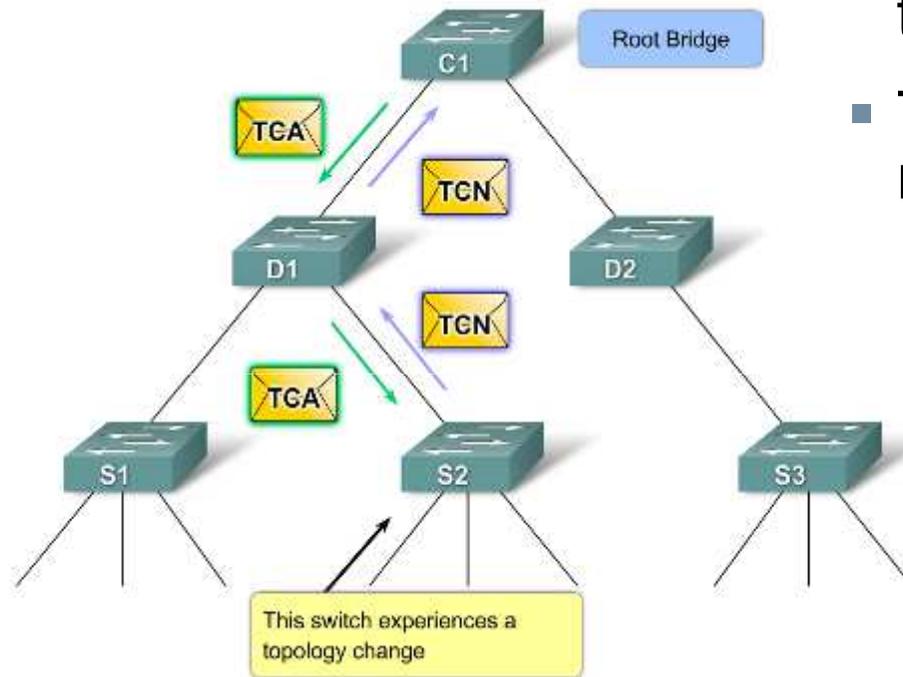
Los puertos No designados vuelven al estado Bloqueo y se quedan ahí mientras esté recibiendo BPDUs

# Estado de puertos & Temporizadores



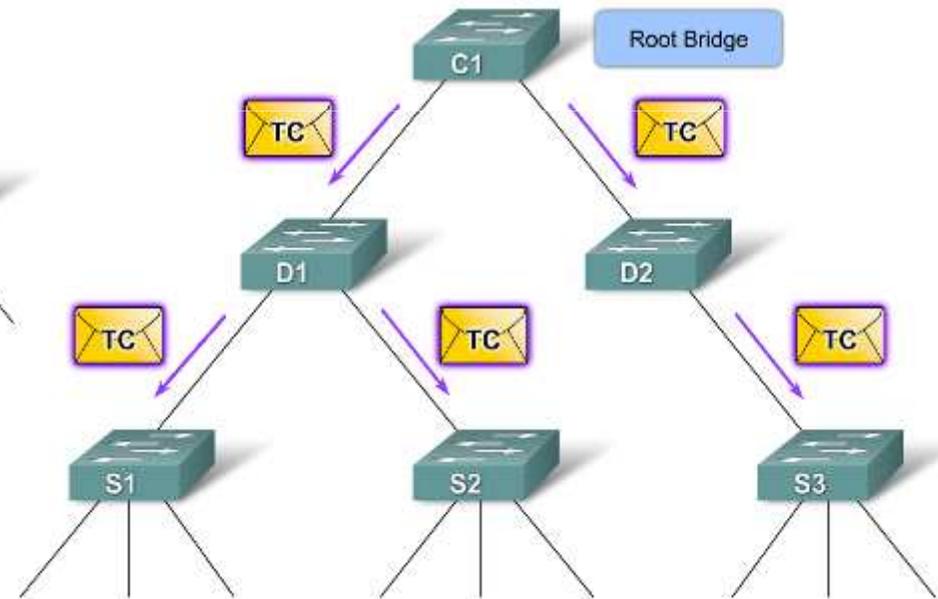
# STP y cambios en la topología

STP Topology Change Notification Process



- TC: Cambio de topología ya fue reconocido por el Root Bridge

- TCN: Notificación de cambio de topología
- TCA: Notificación de reconocimiento del cambio



# Rapid Spanning-tree protocol



# Evolución del STP

- El protocolo STP original IEEE 802.1D tiene tiempos de recuperación de aproximadamente 1 - 2 minutos
- Hoy que las redes convergentes transportan tráfico sensible al retardo se requiere que las redes LAN presenten tiempos de convergencia menores

IEEE Standard	RSTP <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduced in 1982 provides faster convergence than 802.1D</li><li>• Implements generic versions of the Cisco proprietary STP extensions</li><li>• IEEE has incorporated RSTP into 802.1D, identifying the specification as IEEE 802.1D-2004</li></ul>
	MSTP <ul style="list-style-type: none"><li>• Multiple VLANs can be mapped to the same spanning-tree instance</li><li>• Inspired by the Cisco Multiple Instances Spanning Tree Protocol (MISTP),</li><li>• IEEE 802.1Q-2003 now includes MSTP</li></ul>

# Implementar Rapid per VLAN Spanning Tree (rapid PVST+) en una LAN

- Resumen de las características distintivas de PVST+, RSTP y rapid PVST+ de STP

Propiedad de Cisco	
	<b>PVST</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza el protocolo de enlace troncal ISL propiedad de Cisco</li> <li>• Cada VLAN cuenta con una instancia de spanning tree</li> <li>• Capacidad de balancear la carga de tráfico de la Capa 2</li> <li>• Incluye las extensiones BackboneFast, UplinkFast y PortFast</li> </ul>
	<b>PVST+</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Admite ISL y enlace troncal IEEE 802.1Q</li> <li>• Admite las extensiones de STP propiedad de Cisco</li> <li>• Agrega mejoras en la protección de BPDU y en la protección de raíz</li> </ul>
	<b>PVST+ rápido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basado en el estándar IEEE802.1w</li> <li>• Posee convergencia más veloz que 802.1D</li> </ul>

# Implementar Rapid per VLAN Spanning Tree (rapid PVST+) en una LAN

## Características de RSTP:

- Es el protocolo preferido para evitar bucles en la Capa 2 en una red conmutada.
- Integra las mejoras propiedad de Cisco de manera transparente, como las BPDU que envían propuestas y acuerdos a los switches vecinos.
- Posee mejor rendimiento que las anteriores mejoras propiedad de Cisco.
- No es compatible con algunas mejoras propiedad de Cisco, como UplinkFast y BackboneFast.
- Define estados y funciones de puerto distintos.
- Es compatible hacia atrás con 802.1D.
- Mantuvo la mayoría de los parámetros sin cambios.
- Posee el mismo formato de BPDU que IEEE 802.1D.
- No requiere los temporizadores de 802.1D.

# RSTP, Nuevas Características

- Nuevos roles, Estado de los puertos
- Nueva forma de manejo y comportamiento de los BPDU
- Rápida transición a estado de enviar (forwarding)

# RSTP Port Roles

- RSTP define 4 roles para los puertos:

Puerto Raíz

Puerto Designado

Puerto Alternativo

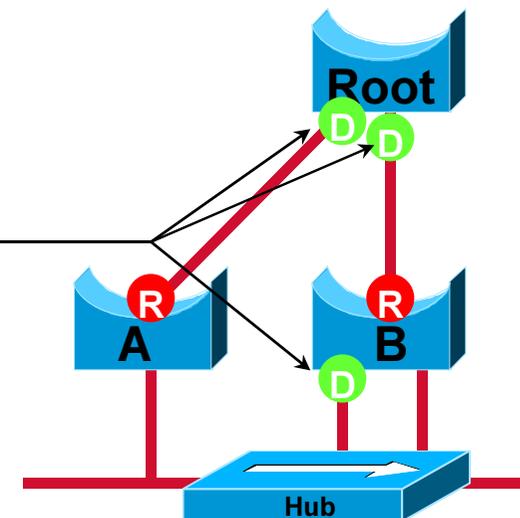
Puerto Backup



**Bloqueo – (Blocking)**

# RSTP Puertos Raíz y Designados

- R** Puerto Raíz
- D** Puerto Designado

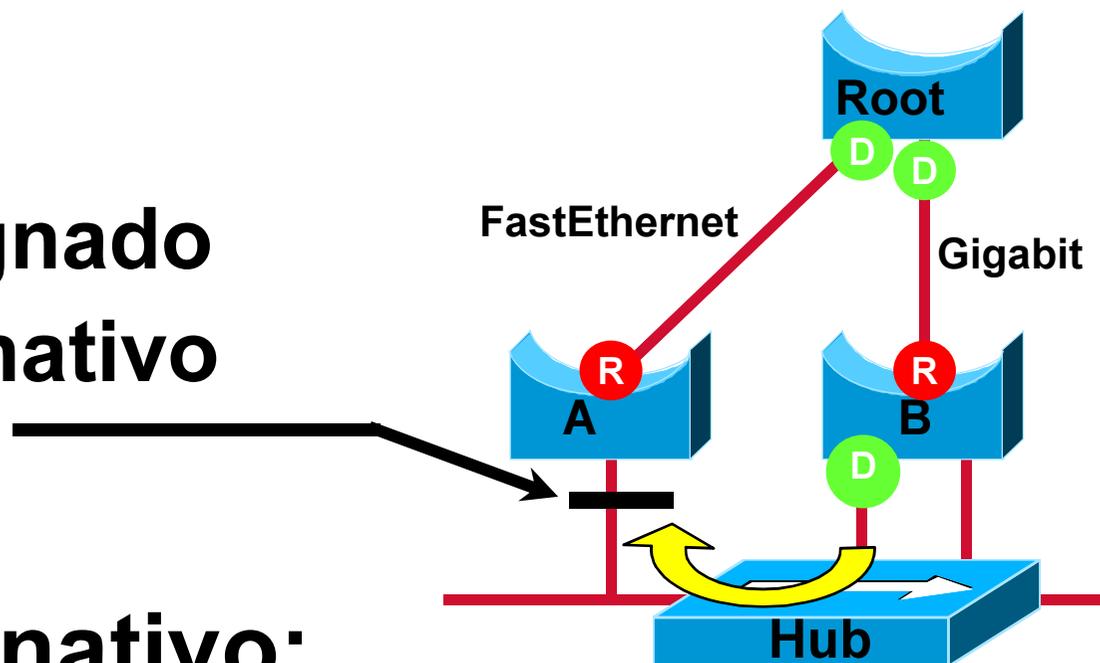


**Para estos dos estados se tiene el mismo criterio visto para el 802.1d**

- **Raíz:** mejor costo hacia el sw raíz
- **Designado:** mejor BPDU del enlace

# RSTP – Puerto Alternativo

- R** Puerto Raíz
- D** Puerto Designado
- Puerto Alternativo



**Puerto Alternativo:**

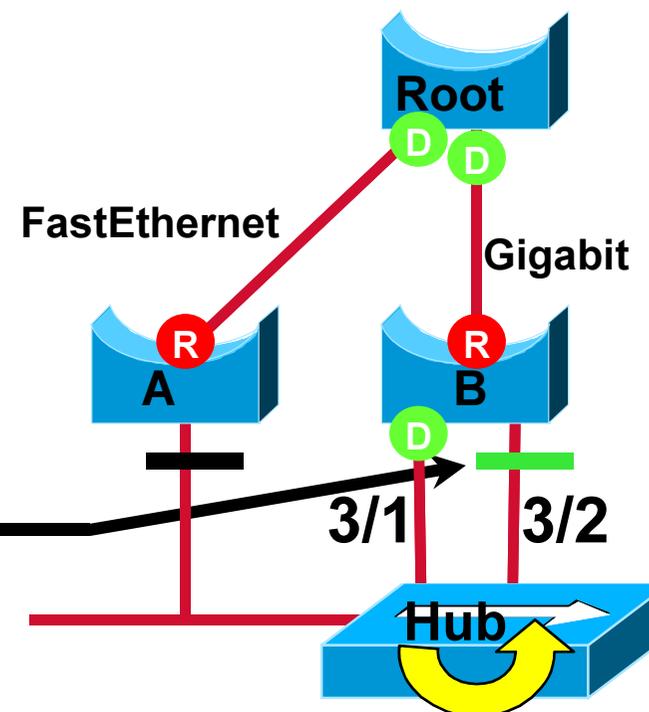
**Puerto que fue bloqueado por BPDUs de otro puente o switch**

# RSTP – Puerto Backup

- R** Puerto Raíz
- D** Puerto Designado
- Puerto Alternativo
- Puerto Backup

**Puerto Backup:**

**Puerto bloqueado por BPDU enviados por el mismo switch**

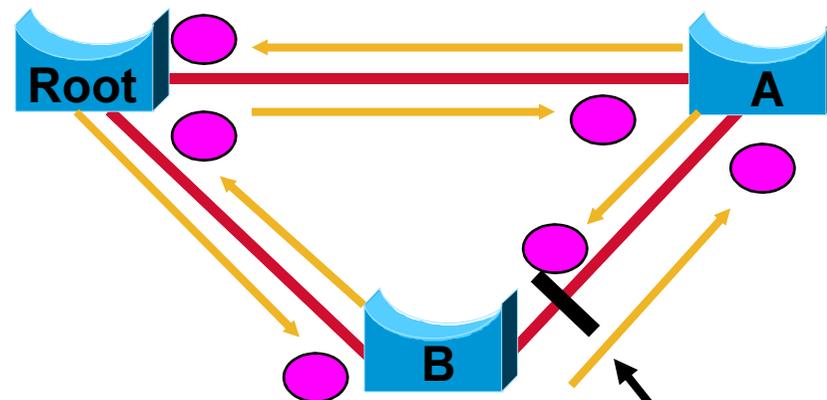


# Nueva forma de manejar BPDU

- BPDUs actúan como keepalives:
- Puentes envían BPDUs cada tiempo de hello
  - ⇒ En el STP tradicional (802.1D) los puentes envían BPDU cuando reciben uno del switch Root o Raíz en su puerto raíz
- Hay una más rápida detección de fallas. Luego de 3 tiempos de hello o 3 BPDU que no lleguen
  - ⇒ En el STP tradicional (802.1D) este tiempo era de 20 segundos, acá se reduce a 6 segundos en su configuración por defecto.

# Nuevo manejo para los BPDUs

- BPDUs se envían cada 2 segundos **siempre**, en todos los puertos incluso aunque estén en estado de bloqueo.

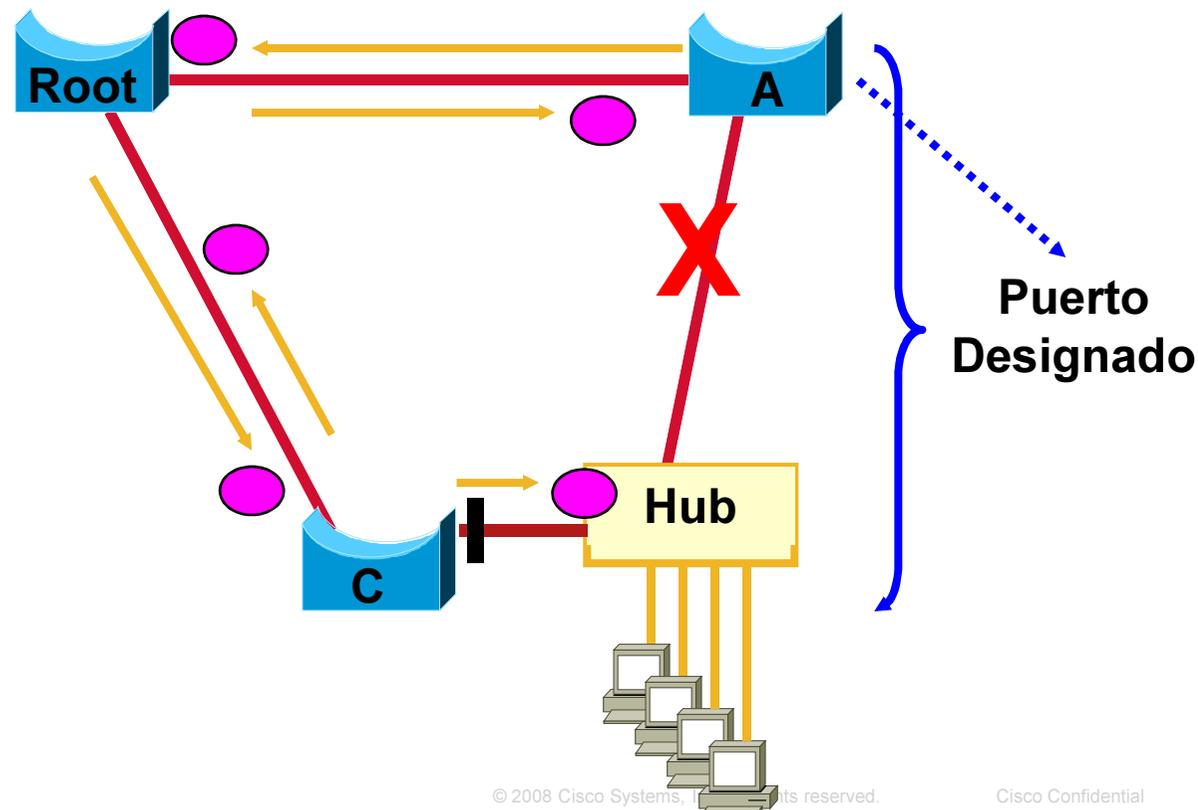


**Note que se envían en los puertos de bloqueo también!!**

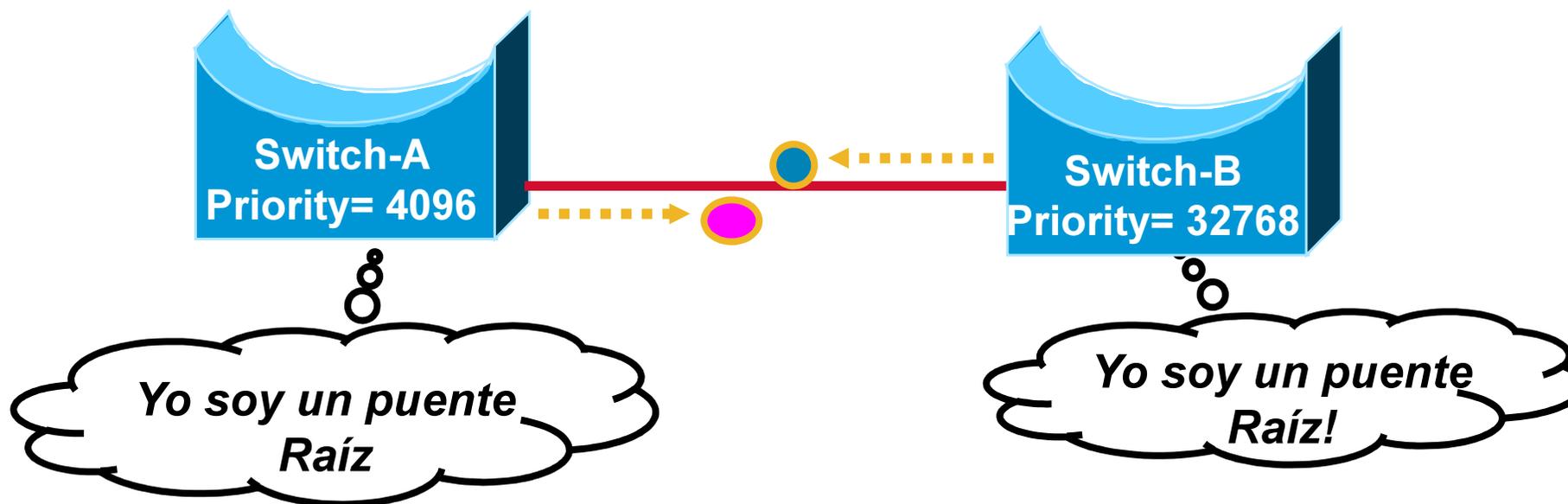


# BPDUs actúan como keepalives

- Como lo hace el 802.1w (RSTP)...
- Puente-C detecta la pérdida de BPDU desde el Bridge-A luego de 2 seg
- Puente-C espera 2 BPDUs más y luego pasa a los estados de escucha y aprende (6-segundos en total)
- Después de 6-segundos, Puente-C pasa a Escucha y Aprende
- **Se disminuye 14 segundos en que los host están desconectados**

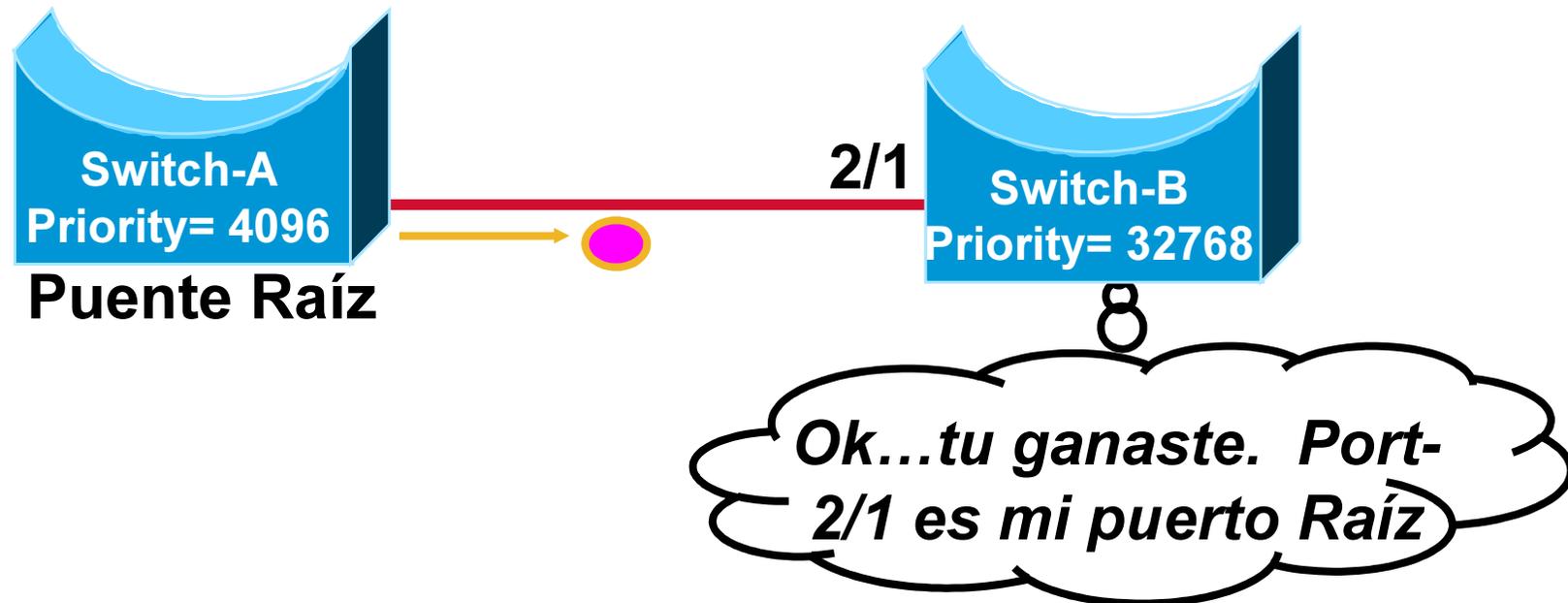


## Convergencia en 802.1D (STP convencional)



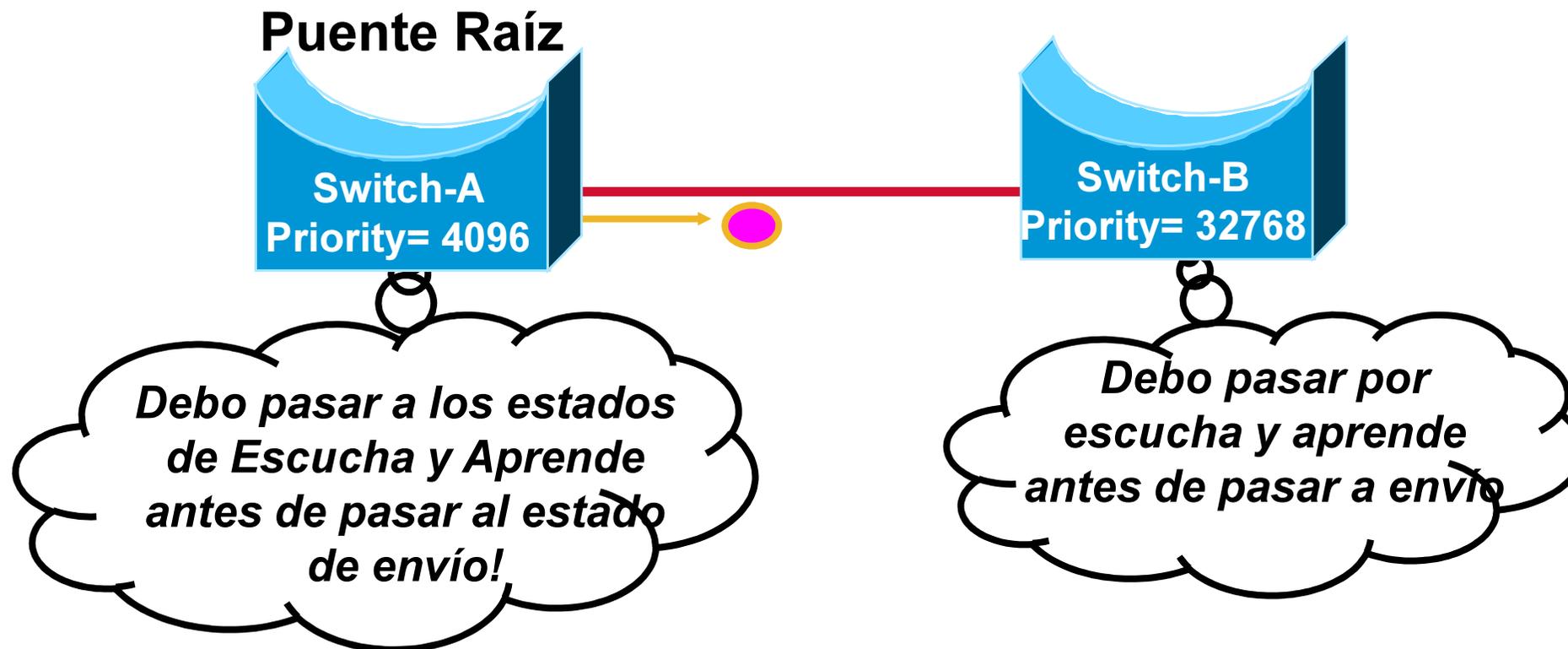
- Switches A & B se designan como raíz, y comienzan en el estado de escucha

# Convergencia 802.1D



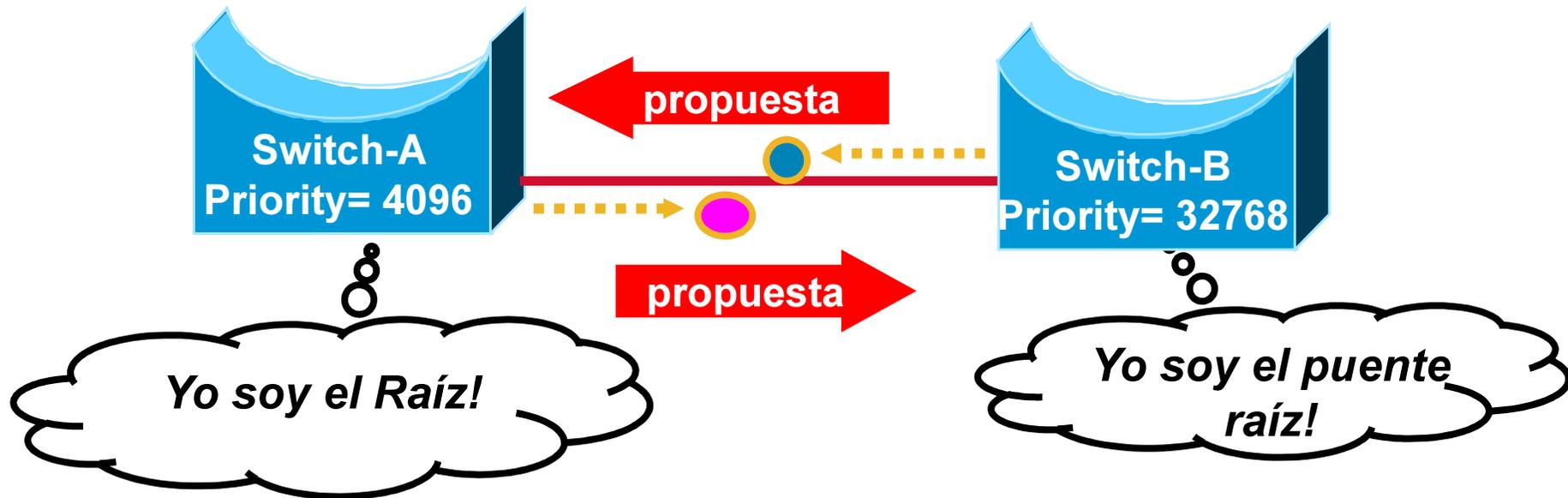
- “A” se convierte en Raíz, “B” detiene el envío de BPDUs

## 802.1D convergence



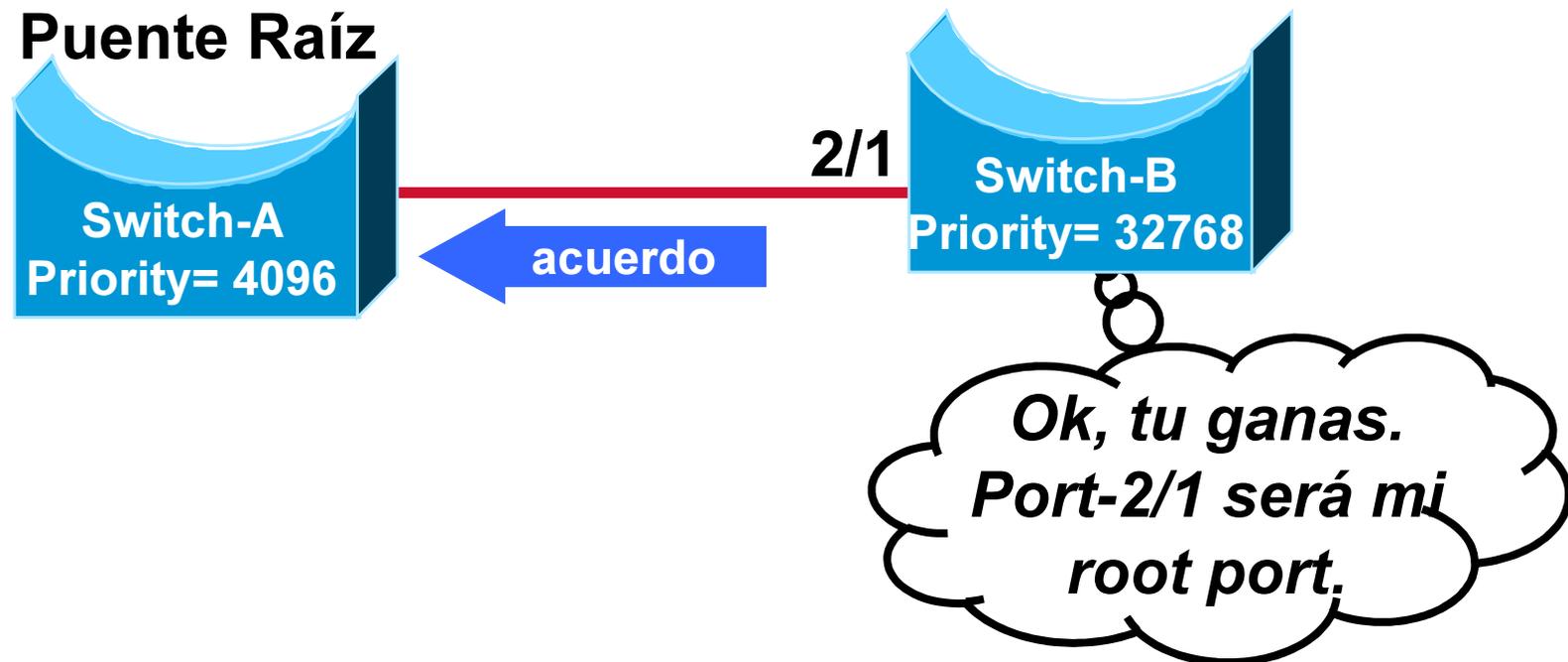
- *A* & *B* pasan a envío luego de finalizar los estados de escucha y aprende (2x15 = 30 segundos)

## Convergencia Rapid 802.1w – “The Handshake o Saludo RSTP”



- A & B inician como raíz, puertos en blocking.
- Colocan el bit de proposal en 1

## Convergencia Rapid 802.1w - “The Handshake”



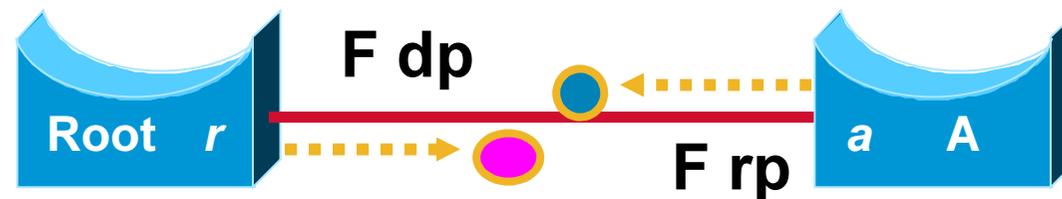
- Puerto 2/1 en Switch-B se en puerto raíz, pasa directametine a envío (forwarding) y los BPDU se marcan con 1 en el bit de agreement

## Convergencia Rapid 802.1w - “The Handshake”



- Tan pronto como *Switch-A* recibe el BPDU de acuerdo, pasa directamente a envío (forwarding) sin pasar por escucha y aprende.
- Esto ocurre en 1 – 2 segundos
- Atención: Esto solo sucede en conexiones switch a switch que están en **full duplex!**

## Convergencia Rapid 802.1w - “The Handshake”



- Recuerde que con RSTP, ambos puentes continúan enviando BPDU cada 2 segundos
- BPDUs se usan como keepalives.

# Configurando STP



## Que pasa en una red si no se configura STP

Cisco Catalyst soporta tres tipos de STPs:

PVST+

PVRST+ (PVST+ using 802.1w RSTP)

MSTP (802.1s)

STP por defecto: PVST+ :

Una instancia de STP por VLAN

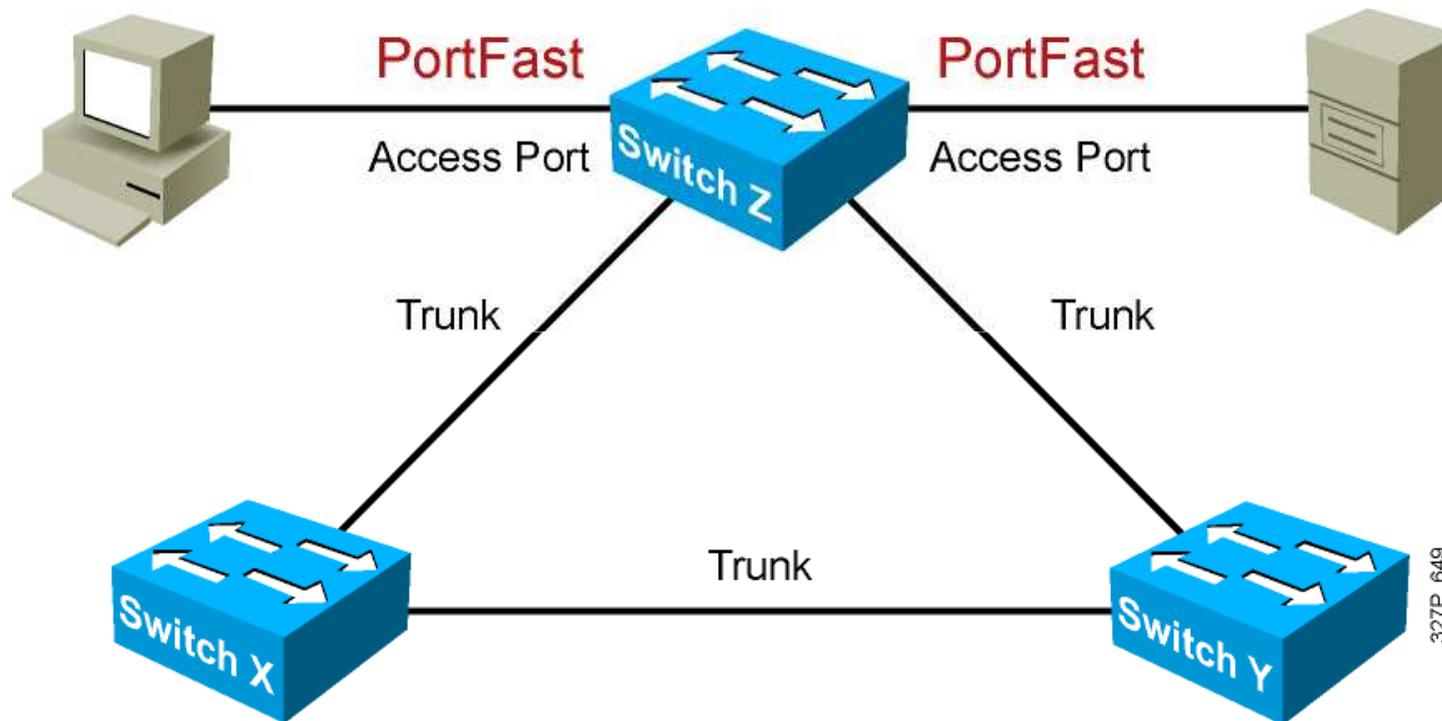
Un solo root bridge para todas las VLAN

Prioridad por defecto = 32768

Switch con la MAC menor es el root

No hay balanceo de carga (todas las topologías son iguales)

# Concepto: PortFast



- PortFast se configura en puertos de acceso no en troncales
- Los puertos Portfast pasan al estado de envío sin pasar por escucha y aprende

# Configuración y Verificación

SwitchX(config-if) #

```
spanning-tree portfast
```

- Configura PortFast en una interfaz

O

SwitchX(config) #

```
spanning-tree portfast default
```

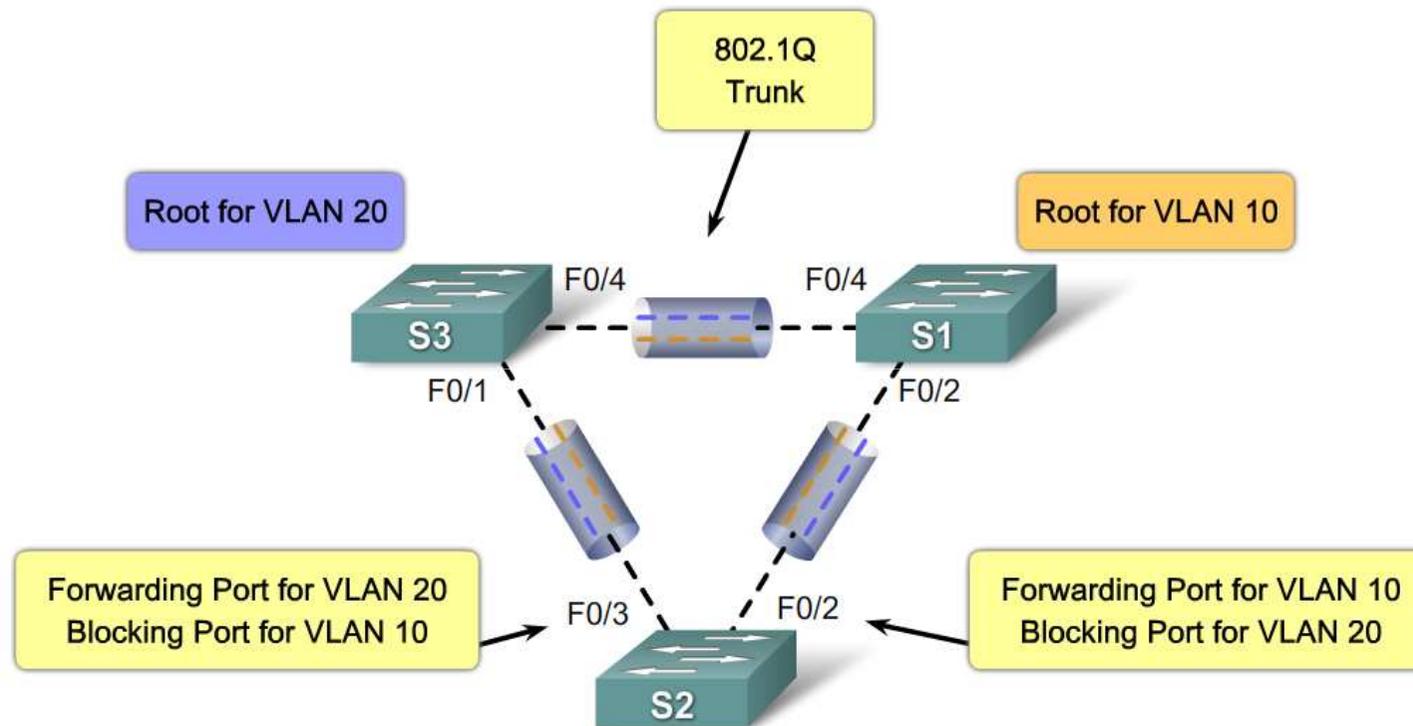
- Configura PortFast en todos los puertos que son no troncales

SwitchX#

```
show running-config interface interface
```

- Verificar si se habilito el Portfast

# Configurar el Rapid per VLAN Spanning Tree (rapid-PVST+)



VLAN 10   
VLAN 20 

## PVST-RSTP Lineamientos de Configuración

1. Habilitar PVRST+.
2. Configurar un switch como Root Switch
3. Designar otro como Backup switch
4. Verificar la configuración

# PVRST+ Implementation Commands

SwitchX(config)#

```
spanning-tree mode rapid-pvst
```

- Configura PVRST+

SwitchX#

```
show spanning-tree vlan vlan# [detail]
```

- Verifica la configuración del spanning-tree

SwitchX#

```
debug spanning-tree pvst+
```

- Visualizar los mensajes de depuración del STP

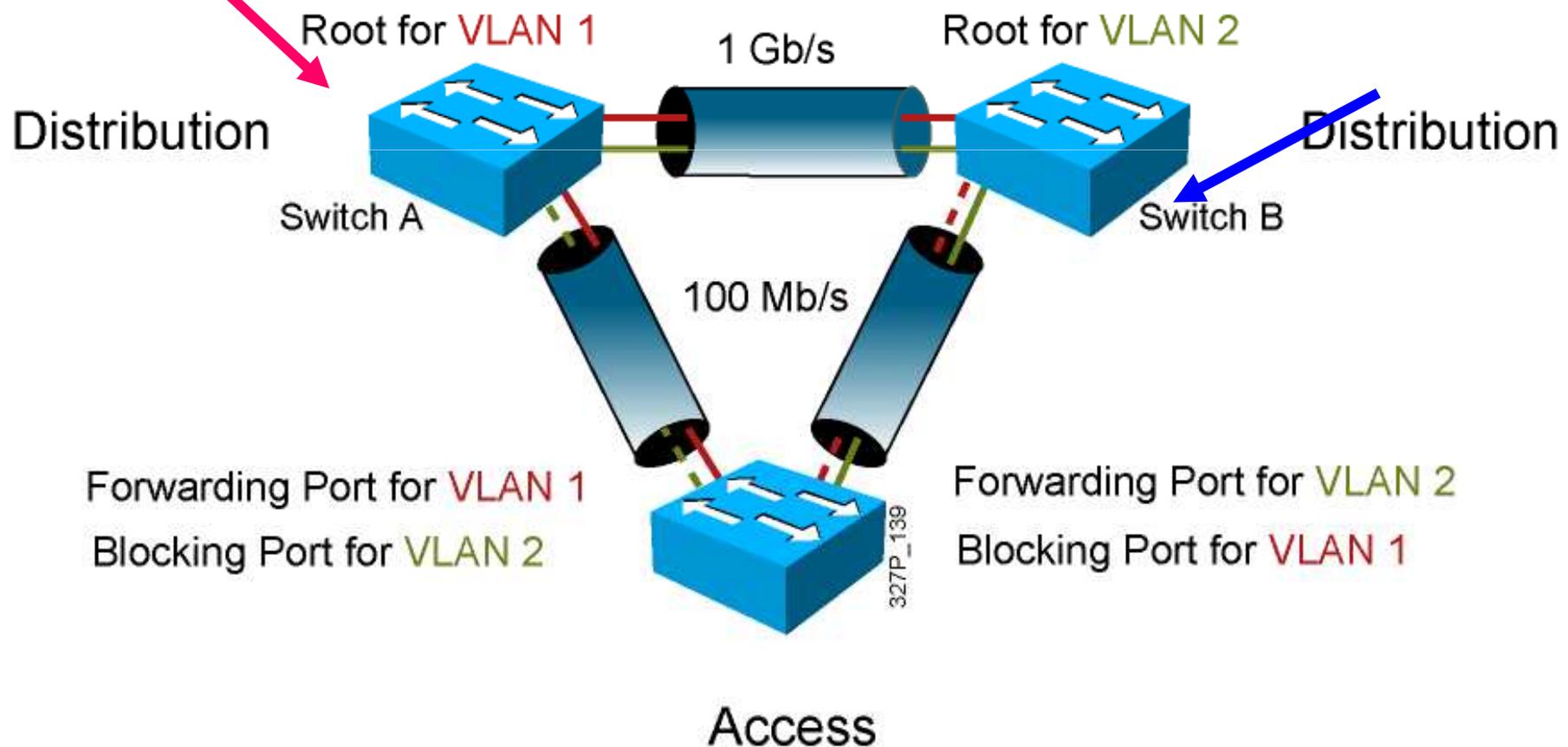
# Configurando el Root and Puente secundario

**Switch-A (config)# spanning-tree vlan 1 root primary**

**Switch-A (config)# spanning-tree vlan 2 root secondary**

**Switch-B (config)# spanning-tree vlan 1 root secondary**

**Switch-B (config)# spanning-tree vlan 2 root primary**



# Verificando el PVRST+

```
P9#show spanning-tree vlan 1
```

```
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID      Priority      32768
             Address      0030.4086.9000
             Cost          57
             Port          3 (GigabitEthernet1/0/3)
             Hello Time    2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address      0013.c3d1.1a00
             Hello Time    2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
             Aging Time    300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Priority	Type
Gi1/0/2	Desg	FWD	19	128.2	
Gi1/0/3	Root	FWD	19	128.3	Root (STP)
Gi1/0/4	Altn	BLK	19	128.4	

Información acerca del Root Bridge para esta VLAN

Información sobre el Switch local

El modo spanning-tree está en PVRST.

P & R

