



Redes de Información

Redundancia de Capa 2, STP y RSTP



Temario

- Redundancia de capa 2
- Protocolo Spanning Tree (IEEE 802.1d)
 - Elección del Puente Raíz
 - Elección de los Puertos Raíz
 - Elección de los Puertos Designados
 - Puertos Bloqueados
 - Mantenimiento del Spanning Tree
 - Unidades de Datos del Protocolo Puente (BPDU)
 - Estados de los puertos
- Protocolo Rapid Spanning Tree (IEEE 802.1w)
 - Roles de los Puertos RSTP
 - Estados de los Puertos RSTP
 - Objetivos del RSTP
- Configuración de STP Y RSTP
 - Configurar Prioridad BID
 - Configurar Prioridad del Puerto
 - Configurar Portfast
 - Habilitar RSTP (PVST+ Rápido)



Redundancia de capa 2

Redundancia de capa 2

- Las redes LAN actuales requieren una alta resistencia a fallos que permitan asegurar una disponibilidad de los servicios de red lo más cercana posible al 100% del tiempo.
- La redundancia de Capa 2 mejora la disponibilidad de la red con la implementación de rutas de red alternas mediante el agregado de equipos y cables. Al contar con varias rutas para la transmisión de los datos en la red, la interrupción de una sola ruta no genera impacto en la conectividad de los dispositivos en la red
- Pero la existencia de enlaces o caminos redundantes a nivel de capa 2 también provoca inconvenientes:
 - Tormentas de broadcast.
 - Copias múltiples de una misma trama.
 - Inestabilidad en las tablas de direcciones MAC.



Protocollo Spanning Tree (IEEE 802.1d)



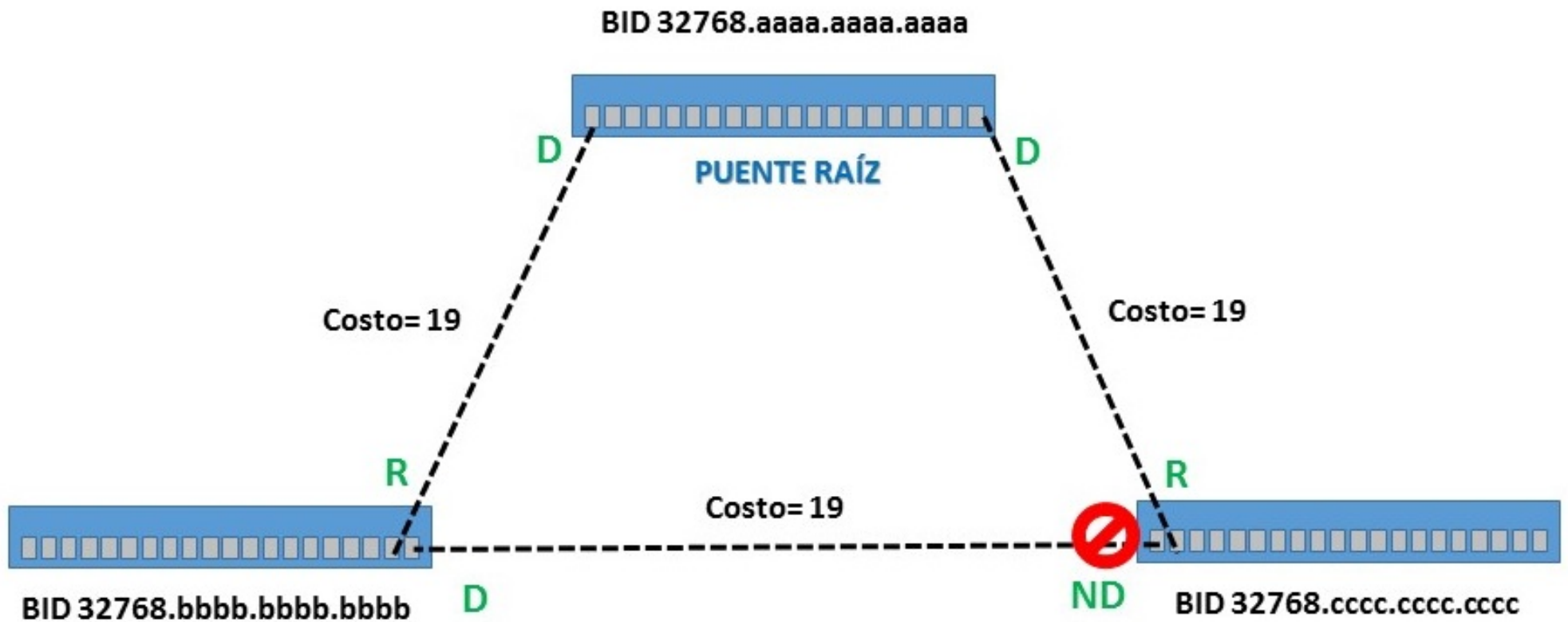
Protocolo Spanning Tree (IEEE 802.1d)

- El Protocolo Spanning Tree o STP es un protocolo de red de nivel 2 del modelo OSI (capa de enlace de datos).
- Su función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes (necesarios en muchos casos para garantizar la disponibilidad de las conexiones).
- La solución consiste en permitir la existencia de enlaces físicos redundantes, pero creando una topología lógica libre de bucles. **STP calcula una única ruta libre de bucles** entre los dispositivos de la red (switches) pero manteniendo los enlaces redundantes desactivados como reserva, con el fin de activarlos en caso de fallo.
- Si la configuración de STP cambia, o si un segmento en la red redundante llega a ser inalcanzable, el algoritmo reconfigura los enlaces y restablece la conectividad, activando uno de los enlaces de reserva. Si el protocolo falla, es posible que ambas conexiones estén activas simultáneamente, lo que podrían dar lugar a un bucle de tráfico infinito en la LAN.

Protocolo Spanning Tree (IEEE 802.1d)

- El **árbol de expansión** (Spanning tree) permanece vigente hasta que ocurre un cambio en la topología, situación que el protocolo es capaz de detectar de forma automática. El máximo tiempo de duración del árbol de expansión es de cinco minutos. Cuando ocurre uno de estos cambios, el puente raíz actual redefine la topología del árbol de expansión o se elige un nuevo *puente raíz*.
- Los switches o puentes se comunican mediante mensajes de configuración llamados Bridge Protocol Data Units (**BPDU**).
- El protocolo establece identificadores por puente (BID) que son el resultado de combinar la prioridad del puente con su dirección MAC y elige el que tiene el BID más bajo (numéricamente), como el **Puente Raíz**.

Topología STP



Elección del Puente Raíz

- La primera decisión que toman todos los switches de la red es identificar el puente raíz ya que esto afectará al flujo de tráfico. Cuando un switch se enciende, supone que es el puente raíz y envía las BPDUs que contienen el BID propio tanto en el BID raíz como emisor. El BID es el Bridge IDentifier: Prioridad de Puente + MAC del puente. La Prioridad de Puente es un valor configurable que por defecto está asignado en 32768.
- Cada switch reemplaza los BID de raíz más alta por BID de raíz más baja en las BPDUs que se envían. Todos los switches reciben las BPDUs y después de un tiempo limitado, determinan que el switch que cuyo valor de BID raíz es el más bajo será el ***Puente Raíz***.
- El administrador de red puede establecer la prioridad de switch en un valor más pequeño que el del valor por defecto (32768), el nuevo valor debe ser múltiplo de 4096, lo que hace que el BID sea más pequeño. Esto sólo se debe implementar cuando se tiene un conocimiento profundo del flujo de tráfico en la red, ya que podría provocar una incorrecta elección del puente raíz.

Elección de los Puertos Raíz

- Una vez elegido el puente raíz hay que calcular el puerto raíz para los otros puentes que no son raíz. El procedimiento a seguir para cada puente es el mismo: entre todos los puertos del puente, se escoge como **Puerto Raíz (R)** el puerto que tenga el menor costo hasta el puente raíz. En el caso de que haya dos o más puertos con el mismo costo hacia el puente raíz, se utiliza la prioridad del puerto para establecer el raíz. **El costo de un puerto** se determina en base al ancho de banda del enlace.

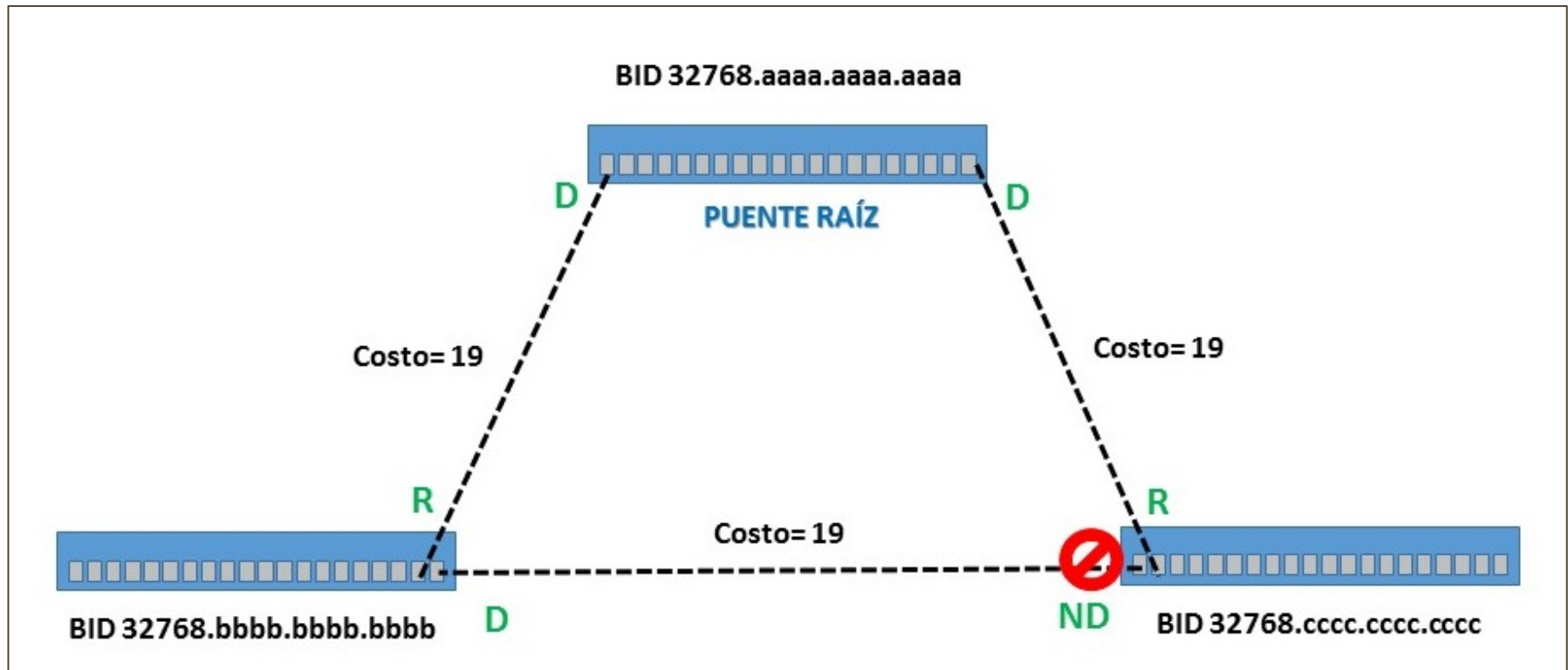
TIPO ENLACE	COSTO STP
10 Gbps	2
1 Gbps	4
100 Mbps	19
10 Mbps	100

Elección de los Puertos Designados

- Una vez elegido el puente raíz y los puertos raíz de los otros puentes pasamos a calcular los puertos designados de cada segmento de red. En cada enlace que exista entre dos switches habrá un puerto designado, el cual será el puerto del switch que tenga un menor costo para llegar al puente raíz. Si hubiese empate entre los costos administrativos que tienen los dos switches para llegar al puente raíz, entonces se elegirá como ***Puerto Designado (D)***, el puerto del switch que tenga un menor BID.
- Los puertos del Puente Raíz están en el estado de Designado.

Puertos Bloqueados

- Aquellos puertos que no sean elegidos como raíz ni como designados deben bloquearse (*Puerto No Designado - ND*).



Mantenimiento del Spanning Tree

- El cambio en la topología puede ocurrir de dos formas:
 - El puerto se desactiva o se bloquea
 - El puerto pasa de estar bloqueado o desactivado a activado
- Cuando detecta un cambio, el switch notifica al puente raíz dicho cambio y entonces el puente raíz envía por broadcast dicho cambio a toda la red. Para ello, se introduce una BPDU especial denominada ***Notificación de Cambio en la Topología (TCN)***.
- Cuando un switch necesita avisar acerca de un cambio en la topología, comienza a enviar TCN en su puerto raíz. La TCN es una BPDU muy simple que no contiene información y se envía durante el intervalo de tiempo de saludo. El switch que recibe la TCN se denomina puente designado y realiza el acuse de recibo mediante el envío inmediato de una BPDU normal con el bit de ***acuse de recibo de cambio en la topología (TCA)***. Este intercambio continúa hasta que el puente raíz responde.

Unidades de Datos del Protocolo Puente (BPDU)

- BPDU se intercambian regularmente (cada 2 segundos de forma predeterminada) y permiten a los switches, realizar un seguimiento de cambios en la red, y para iniciar y detener el reenvío de puertos según sea necesario.
- Cuando un dispositivo se conecta primero a un puerto de un switch, no iniciará de inmediato a enviar datos. En su lugar, pasará por una serie de estados mientras procesa BPDU y determina la topología de la red. Cuando un host se une, como una estación de trabajo, impresora o un servidor, el puerto siempre va a entrar en el estado de **envío**, aunque con un retraso de unos 30 segundos, mientras que pasa a través de la **escucha** y de los estados de **aprendizaje**. El tiempo pasado en los estados de escucha y aprendizaje está determinado por un valor conocido como el **retardo de envío** (por defecto 15 segundos y fijado por el puente raíz).
- Sin embargo, si lo que se conecta es otro switch, el puerto puede permanecer en modo de bloqueo, si se determina que causaría un bucle en la red.

Estados de los Puertos

Los estados en los que puede estar un puerto son los siguientes:

- Bloqueo:** En este estado se pueden recibir BPDUs pero no las enviará. Las tramas de datos se descartan y no se actualizan las tablas de direcciones MAC. Los switches comienzan en este estado ya que si comenzaran en el estado Envío podrían estar generando un bucle.
- Escucha:** A este estado se llega desde Bloqueo. En este estado, los switches determinan si existe alguna otra ruta hacia el puente raíz. En el caso que la nueva ruta tenga un costo mayor, se vuelve al estado de Bloqueo. Las tramas de datos se descartan y no se actualiza la tabla de direcciones MAC. Se procesan las BPDUs.
- Aprendizaje:** A este estado se llega desde Escucha. Las tramas de datos se descartan pero ya se actualizan las tablas de direcciones MAC (aquí es donde se aprenden por primera vez). Se procesan las BPDUs.
- Envío:** A este estado se llega desde Aprendizaje, en este estado el puerto puede enviar y recibir datos. Las tramas de datos se envían y se actualizan las tablas de direcciones MAC. Se procesan las BPDUs.
- Desactivado:** A este estado se llega desde cualquier otro. Se produce cuando un administrador deshabilita el puerto (shutdown) o éste falla. No se procesan las BPDUs.



Protocollo Rapid Spanning Tree (IEEE 802.1w)



Protocolo Rapid Spanning Tree (IEEE 802.1w)

- RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol), especificado en el estándar IEEE 802.1w, es una evolución de STP.
- RSTP reduce significativamente el tiempo de convergencia de la topología de la red cuando ocurre un cambio en la topología.

Roles de los Puertos RSTP

- **Raíz:** es un puerto de envío elegido para la topología Spanning Tree.
- **Designado:** un puerto de envío elegido para cada segmento de la red.
- **Alternativo:** un camino alternativo hacia el Puente Raíz. Este camino es distinto al que usan los puertos raíz.
- **Respaldo:** un camino de respaldo/redundante (de mayor costo) a un segmento donde hay otro puerto ya conectado.
- **Deshabilitado:** un puerto que no tiene un papel dentro de la operación de Spanning Tree.

Estados de los Puertos RSTP

- Los estados de los puertos RSTP son:
 - **Aprendizaje**: escucha BPDUs y guarda información relevante.
 - **Envío**: una vez ejecutado el algoritmo para evitar bucles, los puertos activos pasan a este estado.
 - **Descarte**: no recibe BPDUs por lo cual no se encuentra participando en la instancia activa de Spanning Tree
- Los Puertos **Raíz** y **Designado** forman parte de la topología activa. Los puertos **Alternativo** y de **Respaldo** no están incluidos en la topología activa
- RSTP también define el concepto de **Puerto de extremo**, el cual también se menciona en STP como *PortFast*, en donde el puerto se configura como tal cuando se sabe que nunca será conectado hacia otro switch de manera que pasa inmediatamente al estado de direccionamiento sin esperar los pasos intermedios del algoritmo –etapas de escucha y aprendizaje- los cuales consumen tiempo. Los puertos que no son Puerto de extremos pueden ser *punto a punto* o *compartidos*. El tipo de enlace es detectado automáticamente, pero puede ser configurado explícitamente para hacer más rápida la convergencia.

Objetivos del RSTP

- Disminuir el tiempo de convergencia cuando un enlace falla.
- Soporta redes extendidas (2048 conexiones o 4096 puertos interconectados en comparación con 256 puertos conectados en STP).
- Compatibilidad con su antecesor STP.



Configuración de STP y RSTP



Configuración de STP y RSTP

- ***STP se encuentra habilitado, por defecto***, para evitar que por error u omisión se genere un bucle en nuestra LAN.
- Tanto STP como RSTP, mantienen ***un árbol de extensión por cada una de las VLANs*** definidas en los switches.
- Cisco Systems tiene sus propias variantes de estos protocolos: PVST+ del STP (IEEE 802.1d) y PVST+ rápido del RSTP (IEEE 802.1w).

Configurar Prioridad BID

- En algunos casos, tal vez sea necesaria la modificación de la prioridad del BID ya que sino la elección del Puente Raíz, resultaría de aquel que tuviera la dirección MAC más chica o de menor valor, al tener la misma prioridad todos los switches.
- Para configurar la prioridad del switch, se puede realizar con dos comandos diferentes.
- El primer comando es:

Switch(config)# **spanning-tree vlan** *Número_Vlan* **priority** *Prioridad*

- Como se mencionó recientemente STP mantiene un árbol de extensión por cada una de las VLANs definidas. El parámetro *Número_Vlan* indica para que VLAN se va a cambiar la prioridad del Switch. El parámetro *Prioridad* es un valor que se configura en incrementos de 4096 entre 0 y 65536. Por defecto, su valor predeterminado es 32768.

Configurar Prioridad BID (cont.)

- El otro comando es:

```
Switch(config) # spanning-tree vlan Número_Vlan root {primary|secondary}
```

- El parámetro *Número_Vlan* indica para que VLAN se va a cambiar la prioridad del Switch. Si utiliza el parámetro **primary**, la prioridad del switch se establecerá en el valor predefinido de 24576 o en el siguiente valor de reducción de 4096 por debajo de la menor prioridad de switch detectada en la red.
- Si desea contar con un puente raíz alternativo, utilice el parámetro **secondary**. Este parámetro establecerá la prioridad para el switch al valor preferido 28672. Esto asegura que este switch se convierta en el puente raíz si el puente raíz principal falla y se produce una nueva elección de puente raíz. Se supone que el resto de los switches de la red tienen establecido el valor de prioridad predeterminado 32768 definido.

Configurar Prioridad BID (cont.)

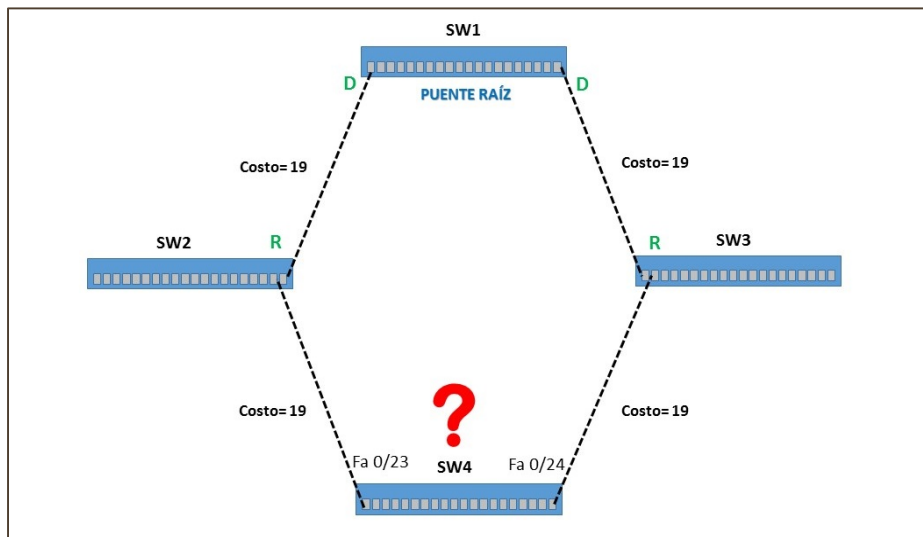
```
SW1#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
SW1(config)#spanning-tree vlan 1 root primary
SW1(config)#exit
SW1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

SW1#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority      24577
             Address       000C.8501.E89B
             This bridge is the root
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority      24577  (priority 24576 sys-id-ext 1)
             Address       000C.8501.E89B
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time 20

Interface                Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
-----
Fa0/23                   Desg FWD 19           128.23 P2p
Fa0/24                   Desg FWD 19           128.24 P2p
```

Configurar Prioridad del Puerto



- En el ejemplo del gráfico, vemos que SW1 ha sido elegido como puente raíz. Sus dos puertos son puertos designados. SW2 y SW3, tienen uno de sus puertos como puerto raíz ya que tiene el menor costo (19) hacia SW1. SW4 tiene dos puertos que lo conecta a SW1. El enlace a través de SW2 (Fa 0/23) tiene un costo de 38 (19+19) y el enlace a través de SW3 (Fa 0/24) también tiene un costo de 38 (19+19).
- ¿Qué puerto elige como puerto raíz si ambos tienen el mismo costo?

Configurar Prioridad del Puerto (cont.)

- Todos los puertos tienen definida una prioridad de puerto para resolver estos casos. Se elegirá como puerto raíz aquel que tenga la **menor prioridad de puerto**.

¿Qué sucede si ambos puertos tienen la misma prioridad?

- Todos los puertos tienen configurada como prioridad por defecto el valor 128. Para llegar a un desempate, el siguiente parámetro después de la prioridad, a tener en cuenta es el identificador del puerto. En el ejemplo, los puertos son Fa 0/23 y Fa 0/24. El **identificador del puerto menor** es el de la Fa 0/23, por lo cual este puerto será el puerto raíz. El otro puerto será designado o no designado, según correspondiere.
- Para cambiar la prioridad del puerto utilice el siguiente comando:

```
Switch(config-if) # spanning-tree vlan Vlan port-priority Prioridad
```

El parámetro *Vlan* especifica el ID de VLAN. El parámetro *Prioridad* es un valor entre 0 y 240, con incrementos de 16.

Configurar PortFast

- Una de las desventajas de STP, es la espera que tiene que esperar el puerto de un switch para poder empezar a enviar tramas. Si en ese puerto hay un switch conectado se entendería la espera, ya que sería para evitar un bucle. ¿Pero si en ese puerto tenemos una estación de trabajo o un servidor? Nunca se produciría un bucle, pero el switch no puede deducirlo.
- Por esto es que se diseñaron soluciones como Portfast (Cisco), que permite que cuando un switch de puerto configurado con PortFast se establece como puerto de acceso, ***sufre una transición del estado de bloqueo al de enviar de manera inmediata***, saltando los pasos típicos de escuchar y aprender.
- Para configurarlo en un puerto, ingrese el siguiente comando:

```
Switch(config-if) # spanning-tree portfast
```

Nota: Si una interfaz configurada con PortFast recibe una trama de BPDU (por ejemplo, si se conectara un switch), STP puede colocar el puerto en estado de bloqueo mediante una función denominada ***protección de BPDU*** o ***BPDU Guard***.

Habilitar RSTP (PVST+ Rápido)

- Para habilitar RSTP en un switch Cisco, debe utilizar el comando:

Switch(config) # **spanning-tree mode rapid-pvst**

- Para verificar que esté habilitado, utilice el comando **show spanning-tree**

```
SW1(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
SW1(config)#exit
SW1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

SW1#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol rstp
  Root ID    Priority    24577
             Address      000C.8501.E89B
             This bridge is the root
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)
             Address      000C.8501.E89B
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time 20

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/23       Desg FWD 19        128.23   P2p
Fa0/24       Desg FWD 19        128.24   P2p
```


Habilitar RSTP (PVST+ Rápido) (cont.)

- Si quiere habilitar nuevamente STP, utilice el comando:

```
Switch(config) # spanning-tree mode pvst
```



Preguntas

