# CONMUTACIÓN



## DESCRIPCIÓN GENERAL

Ethernet compartida funciona muy bien en circunstancias ideales. Cuando el número de dispositivos que intentan acceder a la red es bajo, el número de colisiones permanece dentro de los límites aceptables. Sin embargo, cuando el número de usuarios de la red aumenta, el mayor número de colisiones puede causar que el rendimiento sea intolerablemente malo. El puenteo se desarrolló para aliviar los problemas de rendimiento que surgieron con el aumento de las colisiones. La conmutación surgió del puenteo y se ha convertido en la tecnología clave de las LAN modernas de Ethernet.

Las colisiones y broadcasts son sucesos esperados en las redes modernas. Ellas, de hecho, están planeadas dentro del diseño de Ethernet y de las tecnologías de capa avanzadas. Sin

embargo, cuando las colisiones y broadcasts ocurren en un número que se encuentra por encima del óptimo, el rendimiento de la red se ve afectado. El concepto de dominios de colisión y de broadcast trata las formas en que pueden diseñarse las redes para limitar los efectos negativos de las colisiones y broadcasts. Este módulo explora los efectos de las colisiones y broadcasts sobre el tráfico de red y luego describe cómo se utilizan los puentes y routers para segmentar las redes y mejorar el rendimiento.

# CONMUTACIÓN DE ETHERNET

Un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3).

En la actualidad las redes locales cableadas siguen el estándar Ethernet donde se utiliza una topología en estrella y donde el switch es el elemento central de dicha topología

## CONMUTACIÓN A NIVEL DE CAPA 2

Un switch es básicamente un puente rápido multipuerto, que puede contener docenas de puertos. En vez de crear dos dominios de colisión, cada puerto crea su propio dominio de colisión. En una red de veinte nodos, existen veinte dominios de colisión si cada nodo está conectado a su propio puerto de switch. Un switch crea y mantiene de forma dinámica una tabla de memoria de contenido direccionable (Content Addressable Memory, CAM), que contiene toda la información MAC necesaria para cada puerto.

## DOMINIOS DE COLISIONES

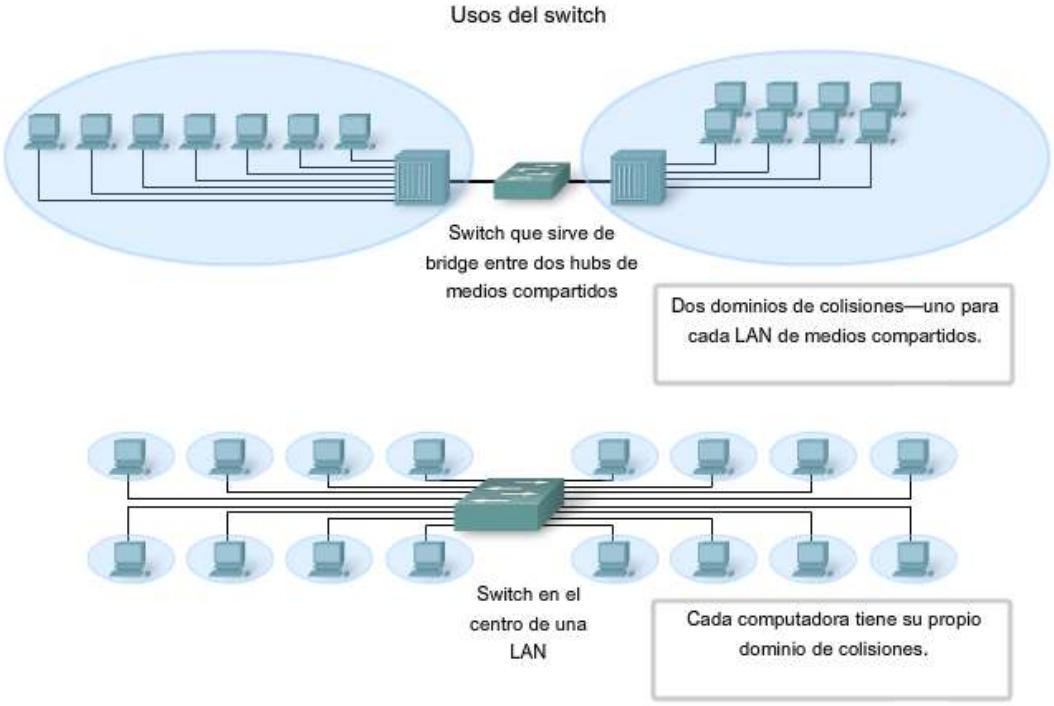
Según el CSMA/CD, un nodo no debería enviar un paquete a menos que la red esté libre de tráfico. Si dos nodos envían paquetes al mismo tiempo, se produce una colisión y los paquetes se pierden. Entonces, ambos nodos envían una señal de congestión, esperan una cantidad de tiempo aleatoria y retransmiten sus paquetes. Cualquier parte de la red en donde los paquetes de dos o más nodos puedan interferir entre ellos se considera como un dominio de colisiones. Una red con una gran cantidad de nodos en el mismo segmento tiene un dominio de colisiones mayor y, generalmente, más tráfico. A medida que aumenta la cantidad de tráfico en la red, aumentan las posibilidades de colisión.

En los últimos años, los switches se convirtieron rápidamente en una parte fundamental de la mayoría de las redes. Los switches permiten la segmentación de la LAN en distintos dominios de colisiones. Cada puerto de un switch representa un dominio de colisiones distinto y brinda un ancho de banda completo al nodo o a los nodos conectados a dicho puerto. Con una menor cantidad de nodos en cada dominio de colisiones, se produce un aumento en el ancho de banda promedio disponible para cada nodo y se reducen las colisiones.

Una LAN puede tener un switch centralizado que conecta a hubs que todavía brindan conectividad a los nodos. O bien, una LAN puede tener todos los nodos conectados directamente a un switch. Estas topologías se ilustran en la figura.

En una LAN en la que se conecta un hub a un puerto de un switch, todavía existe un ancho de banda compartido, lo que puede producir colisiones dentro del entorno

compartido del hub. Sin embargo, el switch aislará el segmento y limitará las colisiones para el tráfico entre los puertos del hub.




## DOMINIOS DE BROADCAST

Si bien los switches filtran la mayoría de las tramas según las direcciones MAC, no hacen lo mismo con las tramas de broadcast. Para que otros switches de la LAN obtengan tramas de broadcast, éstas deben ser reenviadas por switches. Una serie de switches interconectados forma un dominio de broadcast simple. Sólo una entidad de Capa 3, como un router o una LAN virtual (VLAN), puede detener un dominio de broadcast de Capa 3. Los routers y las VLAN se utilizan para segmentar los dominios de colisión y de broadcast. El uso de las VLAN para segmentar los dominios de broadcast se analiza en el próximo capítulo.

Cuando un dispositivo desea enviar un broadcast de Capa 2, la dirección MAC destino en la trama se establece en sólo unos. Al configurar el destino en este valor, todos los dispositivos aceptarán y procesarán la trama de broadcast.

El dominio de broadcast de la Capa 2 se conoce como dominio de broadcast MAC. El dominio de broadcast MAC incluye todos los dispositivos de la LAN que reciben broadcasts de tramas a través de un host a todas las demás máquinas en la LAN. Esto se muestra en la primera mitad de la animación.

Cuando un switch recibe una trama de broadcast la reenvía a cada uno de sus puertos excepto al puerto entrante en el que el switch recibió esa trama. Cada dispositivo conectado reconoce la trama de broadcast y la procesa. Esto provoca una disminución en la eficacia de la red dado que el ancho de banda se utiliza para propagar el tráfico de broadcast.

Cuando se conectan dos switches, el dominio de broadcast aumenta. En este ejemplo, se reenvía una trama de broadcast a todos los puertos conectados en el switch S1. El switch S1 está conectado al switch S2. La trama se propaga a todos los dispositivos conectados al switch S2. Esto se muestra en la segunda mitad de la animación.

### CONGESTIÓN DE RED

El primer motivo por el cual segmentar una LAN en partes más pequeñas es el de aislar el tráfico y lograr una mejor utilización del ancho de banda por usuario. Al no segmentarla, la LAN se obstruye rápidamente debido al tráfico y a las colisiones.

A continuación se mencionan las causas más comunes de congestión de red:

- *Tecnología de redes y computadoras cada vez más potentes*. Hoy en día, las CPU, los buses y los dispositivos periféricos son mucho más rápidos y potentes que aquellos utilizados en las LAN anteriores. Por lo tanto, éstos pueden enviar una mayor cantidad de datos a través de la red y también procesarlos a una mayor velocidad.
- *Volumen de tráfico de la red cada vez mayor*. En la actualidad el tráfico de la red es más habitual, ya que se necesitan recursos remotos para llevar a cabo tareas básicas. Además, los mensajes de broadcast, como las consultas de resolución de direcciones que envía el ARP, pueden afectar de manera negativa el rendimiento de la red y de las estaciones de trabajo.
- *Aplicaciones con alta demanda de ancho de banda*. Las aplicaciones de software son cada vez más ricas en cuanto a funcionalidad y requieren un ancho de banda superior. Por ejemplo: las aplicaciones de edición, diseño de ingeniería, video a pedido (VoD), aprendizaje electrónico (e-learning) y streaming video requieren una considerable capacidad y velocidad de procesamiento.

### SEGMENTACIÓN DE LA LAN

Las LAN se segmentan en varios dominios de broadcast y de colisión más pequeños mediante el uso de routers y switches. Anteriormente se utilizaban los puentes pero no suele verse este tipo de equipos de red en una moderna LAN conmutada.

Aunque el switch LAN reduce el tamaño de los dominios de colisión, todos los hosts conectados al switch pertenecen al mismo dominio de broadcast. Los routers pueden utilizarse para crear dominios de broadcast, ya que no reenvían tráfico de broadcast predeterminado. Si se crean pequeños dominios de broadcast adicionales con un router, se reducirá el tráfico de broadcast y se proporcionará mayor disponibilidad de ancho de banda para las comunicaciones unicast. Cada interfaz del router se conecta a una red individual que contiene tráfico de broadcast dentro del segmento de la LAN en el que se originó.

## MÉTODOS DE REENVIO DEL SWITCH

Los switches pueden funcionar de distintos modos y éstos pueden tener tanto efectos positivos como negativos:

- CONMUTACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y ENVÍO: En este tipo de conmutación, cuando el switch recibe la trama, la almacena en los buffers de datos hasta recibir

la trama en su totalidad. Durante el proceso de almacenamiento, el switch analiza la trama para buscar información acerca de su destino. En este proceso, el switch también lleva a cabo una verificación de errores utilizando la porción del tráiler de comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check) de la trama de Ethernet. La CRC utiliza una fórmula matemática, basada en la cantidad de bits (1) de la trama, para determinar si ésta tiene algún error. Después de confirmar la integridad de la trama, ésta se envía desde el puerto correspondiente hasta su destino. Cuando se detecta un error en la trama, el switch la descarta. El proceso de descarte de las tramas con errores reduce la cantidad de ancho de banda consumido por datos dañados. La conmutación por almacenamiento y envío se requiere para el análisis de calidad de servicio (QoS) en las redes convergentes, en donde se necesita una clasificación de la trama para decidir el orden de prioridad del tráfico.

- CONMUTACIÓN POR MÉTODO DE CORTE: En este tipo de conmutación, el switch actúa sobre los datos apenas los recibe, incluso si la transmisión aún no se ha completado. El switch recopila en el búfer sólo la información suficiente de la trama como para leer la dirección MAC de destino y así determinar a qué puerto debe reenviar los datos. La dirección MAC de destino se encuentra en los primeros 6 bytes de la trama después del preámbulo. El switch busca la dirección MAC de destino en su tabla de conmutación, determina el puerto de la interfaz de salida y reenvía la trama a su destino mediante el puerto de switch designado. El switch no lleva a cabo ninguna verificación de errores en la trama.

## FUNCIONAMIENTO DEL SWITCH

Para lograr su fin, los switches LAN Ethernet realizan cinco operaciones básicas:

- APRENDIZAJE: La tabla MAC debe llenarse con las direcciones MAC y sus puertos correspondientes. El proceso de aprendizaje permite que estos mapeos se adquieran dinámicamente durante el funcionamiento normal. A medida que cada trama ingresa al switch, el switch analiza la dirección MAC de origen. Mediante un proceso de búsqueda, el switch determina si la tabla ya contiene una entrada para esa dirección MAC. Si no existe ninguna entrada, el switch crea una nueva entrada en la tabla MAC utilizando la dirección MAC de origen y asocia la dirección con el puerto en el que llegó la entrada. Ahora, el switch puede utilizar este mapeo para reenviar tramas a este nodo.

- ACTUALIZACIÓN: Las entradas de la tabla MAC que se adquirieron mediante el proceso de Aprendizaje reciben una marca horaria. La marca horaria se utiliza como instrumento para eliminar las entradas antiguas de la tabla MAC. Después de que se crea una entrada en la tabla MAC, un proceso comienza una cuenta regresiva utilizando la marca horaria como el valor inicial. Una vez que el valor alcanza 0, la entrada de la tabla se actualizará la próxima vez que el switch reciba una trama de ese nodo en el mismo puerto.

- FLOODING: Si el switch no sabe a qué puerto enviar una trama porque la dirección MAC de destino no se encuentra en la tabla MAC, el switch envía la trama a todos los puertos, excepto al puerto en el que llegó la trama. El proceso que consiste en enviar una trama a todos los segmentos se denomina inundación. El switch no reenvía la trama al puerto en el que llegó la trama porque cualquier destino de ese

segmento ya habrá recibido la trama. La inundación también se utiliza para tramas que se envían a la dirección MAC de broadcast.

- REENVÍO SELECTIVO: El reenvío selectivo es el proceso por el cual se analiza la dirección MAC de destino de una trama y se la reenvía al puerto correspondiente. Ésta es la función principal del switch. Cuando una trama de un nodo llega al switch y el switch ya aprendió su dirección MAC, dicha dirección se hace coincidir con una entrada de la tabla MAC y la trama se reenvía al puerto correspondiente. En lugar de saturar la trama hacia todos los puertos, el switch envía la trama al nodo de destino a través del puerto indicado. Esta acción se denomina reenvío.

- FILTRADO: En algunos casos, la trama no se reenvía. Este proceso se denomina filtrado de la trama. Uno de los usos del filtrado ya se describió: un switch no reenvía una trama al mismo puerto en el que llega. El switch también descartará una trama corrupta. Si una trama no aprueba la verificación CRC, dicha trama se descarta. Otra razón por la que una trama se filtra es por motivos de seguridad. Un switch tiene configuraciones de seguridad para bloquear tramas hacia o desde direcciones MAC selectivas o puertos específicos.

## TIPOS DE SWITCH

- SWITCHES DE CONFIGURACIÓN FIJA No se pueden agregar características u opciones al switch más allá de las que originalmente vienen con el switch. Por ejemplo, si se adquiere un switch fijo gigabit de 24 puertos, no se pueden agregar puertos cuando se les necesite. Habitualmente, existen diferentes opciones de configuración que varían en cuanto al número y al tipo de puertos incluidos.

- SWITCHES MODULARES. Ofrecen más flexibilidad en su configuración. Habitualmente, los switches modulares vienen con chasis de diferentes tamaños que permiten la instalación de diferentes números de tarjetas de línea modulares.

- SWITCHES APILABLES. Los switches apilables pueden interconectarse con el uso de un cable especial que otorga rendimiento de ancho de banda entre los switches.

SWITCH TRONCAL / SWITCH PERIMETRAL.- El término switch troncal se refiere a los que se utilizan en el núcleo central (core) de las grandes redes. Es decir, a estos switchs están conectados otros de jerarquía inferior, además de servidores, routers wan, etc. Por otro lado el término switch perimetral se refiere a los utilizados en el nivel jerárquico inferior en una red local y a los que están conectados los equipos de los usuarios finales.

SWITCH DESKTOP O DE ESCRITORIO.- Este es el tipo de switch más básico que ofrece la función de conmutación básica sin ninguna característica adicional. Su uso más habitual es en redes de ámbito doméstico o en pequeñas empresas para la interconexión de unos pocos equipos, por lo que no están preparados para su montaje en rack. Estos switchs no requieren ningún tipo de configuración, ya que utilizan el modo de autoconfiguración de ethernet para configurar los parámetros de cada puerto.

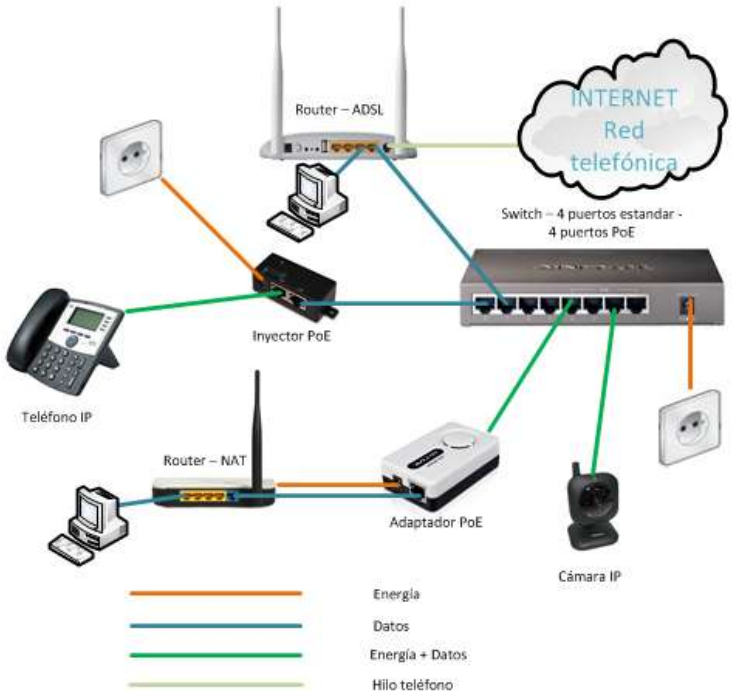
# CARACTERÍSTICAS DE LOS SWITCHS

## DENSIDAD DE PUERTO:

La densidad de puerto es el número de puertos disponibles en un switch único. Los switches de configuración fija habitualmente admiten hasta 48 puertos en un único dispositivo, con opciones de cuatro puertos adicionales para dispositivos de factor de forma pequeños enchufables (SFP small form-factor pluggable, es un puerto donde colocas una interfaz, a la que llamas módulo, para conectar dos equipos de telecomunicaciones, normalmente switches o routers). Las altas densidades de puerto permiten un mejor uso del espacio y de la energía cuando la fuente de ambos es limitada. Si tiene dos switches y cada uno contiene 24 puertos, se podrían admitir hasta 46 dispositivos porque se pierde al menos un puerto por switch para conectar cada switch al resto de la red. Además, se requieren dos tomas de alimentación eléctrica. Por otro lado, si tiene un único switch con 48 puertos, se pueden admitir 47 dispositivos con un sólo puerto utilizado para conectar el switch con el resto de la red y sólo una toma de alimentación eléctrica es necesaria para incluir el único switch.

## POWER OVER ETHERNET

Power over Ethernet (PoE) permite que el switch suministre energía a un dispositivo por el cableado de Ethernet existente. Esta característica puede utilizarse por medio de los teléfonos IP y algunos puntos de acceso inalámbricos. PoE permite mayor flexibilidad al instalar los puntos de acceso inalámbricos y los teléfonos IP porque se los puede instalar en cualquier lugar donde se puede tender un cable de Ethernet. No es necesario considerar cómo suministrar energía eléctrica normal al dispositivo. Sólo se debe elegir un switch que admita PoE si realmente se va a aprovechar esa función, porque suma un costo considerable al switch.



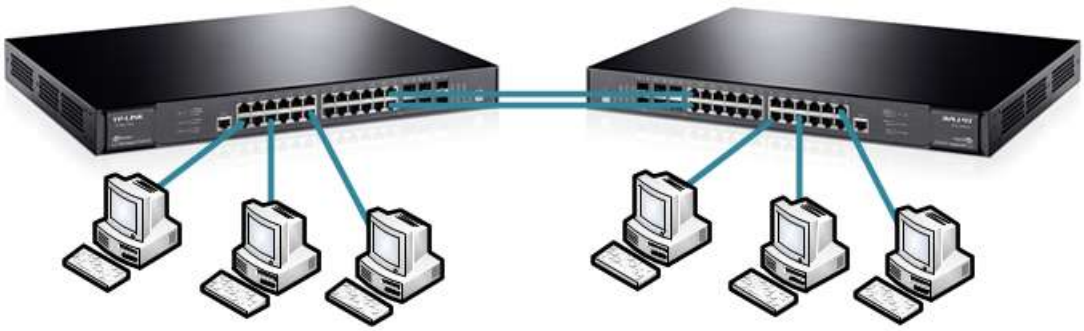

## VELOCIDADES DE ENVÍO

Las tasas de reenvío definen las capacidades de procesamiento de un switch mediante la estimación de la cantidad de datos que puede procesar por segundo el switch. Las líneas de productos con switch se clasifican según las tasas de reenvío. Por ejemplo, un switch gigabit con 48 puertos que opera a una velocidad de cable completa genera 48 Gb/s de tráfico. Si el switch sólo admite una tasa de reenvío de 32 Gb/s, no puede ejecutar la velocidad de cable completa a través de todos los puertos de forma simultánea.

Podemos encontrar puertos definidos como 10/100, es decir, que pueden funcionar bajo los estándares 10BASE-T (con una velocidad de 10 Mbps) y 100BASE-TX (velocidad: 100 Mbps). Otra posibilidad es encontrar puertos 10/100/1000, es decir, añaden el estándar 1000BASE-T (velocidad 1000 Mbps). También se pueden encontrar puertos que utilicen fibra óptica utilizando conectores hembra de algún formato para fibra óptica. Existen puertos 100BASE-FX y 1000BASE-X. Por último, los switchs de altas prestaciones pueden ofrecer puertos que cumplan con el estándar 10GbE, tanto en fibra como en cable UTP.

## AGREGACIÓN DE ENLACES

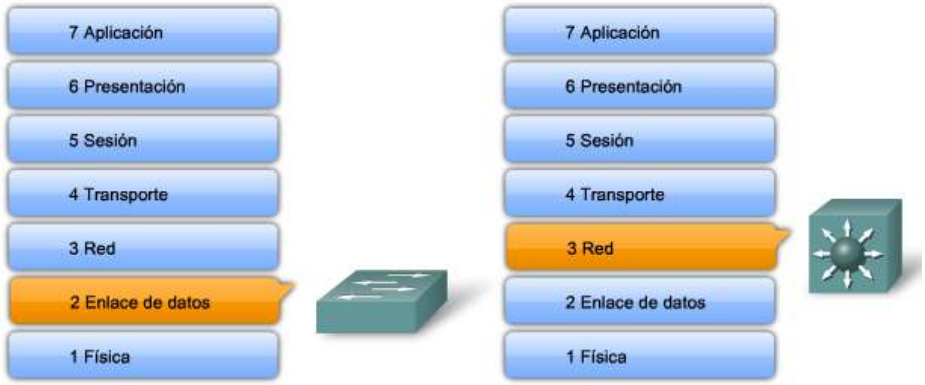
La agregación de enlaces consiste en unir varios puertos entre dos switchs de forma que aumenta el ancho de banda y se eliminan cuellos de botella. Por ejemplo si tenemos 2 switchs con puertos GigaEthernet que comunican dos sectores grandes de la red nos puede interesar conectar 2 puertos entre los switchs de forma que duplicamos la velocidad de la conexión entre ambos.



## FUNCIONES DE LA CAPA 3

Normalmente, los switches operan en la Capa 2 del modelo de referencia OSI, donde pueden ocuparse principalmente de las direcciones MAC de los dispositivos conectados con los puertos del switch.

Los switches de la Capa 3 ofrecen una funcionalidad a nivel 3 del modelo OSI. Los switches de la Capa 3 también reciben el nombre de switches multicapas. Un switch de nivel 3 realiza todas las funciones de conmutación de un switch pero además proporciona funciones de enrutamiento IP. Esta característica es especialmente útil para switchs que utilicen VLAN y necesiten comunicar algunas de sus redes LAN virtuales.




Además, pueden existir switchs que ofrezcan características relacionadas con funciones del nivel 4, como control de puertos. A estos switchs se le conoce como switchs de nivel 3/4.

## VLAN

Una VLAN (acrónimo de Virtual LAN, 'Red de Área Local Virtual') es un método de crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física. Varias VLANs pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física. Son útiles para reducir el tamaño del Dominio de difusión (broadcast) y ayudan en la administración de la red separando segmentos lógicos de una red de

área local (como departamentos de una empresa) que no deberían intercambiar datos usando la red local (aunque podrían hacerlo a través de un enrutador o un switch capa 3 y 4).

### ACL

Una Lista de control de acceso (ACL) permite que el switch impida ciertos tipos de tráfico y autorice otros. Las ACL también permiten controlar qué dispositivos de red pueden comunicarse en la red. El uso de las ACL es un procesamiento intensivo porque el switch necesita inspeccionar cada paquete y observar si coincide con una de las reglas de la ACL definida en el switch

### CALIDAD DE SERVICIO

Los switches de capa de distribución también necesitan admitir QoS para mantener la prioridad del tráfico que proviene de los switches de capa de acceso que implementaron QoS.

Las políticas de prioridad aseguran que se garantice el ancho de banda adecuado para las comunicaciones de audio y video a fin de mantener una calidad aceptable del servicio. Para mantener la prioridad de los datos de voz a través de la red, todos los switches que envían datos de voz deben admitir QoS; si la totalidad de los dispositivos de la red no admite QoS, sus beneficios se reducen. Esto produce rendimiento y calidad deficientes en las comunicaciones de video.

### CONMUTACIÓN ASIMÉTRICA O SIMÉTRICA

En un switch simétrico, todos los puertos cuentan con el mismo ancho de banda. La conmutación simétrica se ve optimizada por una carga de tráfico distribuida de manera uniforme, como en un entorno de escritorio entre pares.

El administrador de la red debe evaluar la cantidad de ancho de banda que se necesita para las conexiones entre dispositivos a fin de que pueda adaptarse al flujo de datos de las aplicaciones basadas en redes. La mayoría de los switches actuales son asimétricos, ya que son los que ofrecen mayor flexibilidad, por ejemplo nos permite darle mayor ancho de banda al servidor y evitar cuellos de botella.

## PROTOCOLO DE SPANNING TREE

Cuando varios switch están ubicados en un árbol jerárquico sencillo, es poco probable que ocurran bucles de conmutación. Sin embargo, a menudo las redes conmutadas se diseñan con rutas redundantes para ofrecer más confiabilidad y tolerancia a fallas. Si bien se recomienda el uso de rutas redundantes, ellas pueden tener efectos colaterales indeseables. Los bucles de conmutación son uno de esos efectos.

Los bucles de conmutación pueden ocurrir ya sea por diseño o por accidente, y pueden llevar tormentas de broadcast que rápidamente abrumen la red. Para contrarrestar la posibilidad de bucles, se proporcionan switches con un protocolo basado en los estándares llamado protocolo de spanning tree (Spanning Tree Protocol, STP). El

funcionamiento de STP es calcular una ruta única entre los dispositivos de red y mantiene los enlaces redundantes desactivados, solamente se activarán en caso de un fallo.

Cada switch en una LAN que usa STP envía un mensaje especial llamado unidades de datos del protocolo puente (Bridge Protocol Data Unit, BPDU) desde todos sus puertos para que los otros switches sepan de su existencia y elijan un puente raíz para la red. Los switches entonces usan un algoritmo spanning-tree (Spanning Tree Algorithm, STA) para resolver y desconectar las rutas redundantes.

Las tramas de Ethernet no poseen un tiempo de existencia (TTL, Time to Live) como los paquetes IP que viajan por los routers. En consecuencia, si no finalizan de manera adecuada en una red conmutada, las mismas siguen rebotando de switch en switch indefinidamente o hasta que se interrumpa un enlace y elimine el bucle.

Las tramas de broadcast se envían a todos los puertos de switch, excepto el puerto de origen. Esto asegura que todos los dispositivos del dominio de broadcast puedan recibir la trama. Si existe más de una ruta para enviar la trama, se puede generar un bucle sin fin.

Los bucles producen una alta carga de CPU en todos los switches atrapados en el mismo. Ya que se envían las mismas tramas constantemente entre todos los switches del bucle, la CPU del switch debe procesar una gran cantidad de datos. Esto disminuye el rendimiento del switch cuando llega tráfico legítimo.

Una tormenta de broadcast se produce cuando existen tantas tramas de broadcast atrapadas en un bucle de Capa 2 que se consume todo el ancho de banda disponible. En consecuencia, no existe ancho de banda disponible para el tráfico legítimo y la red queda no disponible para la comunicación de datos.

El protocolo spanning tree (STP) fue desarrollado para enfrentar estos inconvenientes. STP asegura que exista sólo una ruta lógica entre todos los destinos de la red, al bloquear de forma intencional aquellas rutas redundantes que puedan ocasionar un bucle. Un puerto se considera bloqueado cuando el tráfico de la red no puede ingresar ni salir del puerto. Esto no incluye las tramas de unidad de datos del protocolo de puentes (BPDU) utilizadas por STP para evitar bucles. El bloqueo de las rutas redundantes es fundamental para evitar bucles en la red. Las rutas físicas aún existen para proporcionar la redundancia, pero las mismas se deshabilitan para evitar que se generen bucles. Si alguna vez la ruta es necesaria para compensar un fallo de un cable de red o de un switch, STP vuelve a calcular las rutas y desbloquea los puertos necesarios para permitir que la ruta redundante se active.