

# IPv6 EN LA NUEVA ARQUITECTURA DE ENRUTAMIENTO A NIVEL DE CAPA 2

## Introducción.

La conmutación LAN Ethernet es una tecnología comúnmente utilizada en las redes empresariales actuales. La conmutación de capa 2 y capa 3 es una parte importante de las redes de campus y también para centros de datos y algunas soluciones WAN. Por lo tanto, es esencial tener una buena comprensión de las tecnologías de conmutación de campus, tales como redes virtuales de área local (VLANs), enlaces trocalizados, la conmutación de múltiples capas, los protocolos de redundancia de primer salto y STP (*Spanning Tree Protocol*),

*Spanning Tree Protocol (STP)* o Protocolo de árbol de expansión, es un protocolo de red que construye una topología lógica sin bucles a partir de conexiones físicas de respaldo o redundantes, para redes Ethernet, como se aprecia en la figura 1. La función básica de STP es evitar los bucles de conmutación. *Spanning Tree* también permite que un diseño de red incluya enlaces de redundancia y para proporcionar rutas de respaldo de forma automáticas en caso de falla uno de los enlaces que se encuentren activos.

Cuando se tienen varios enlaces o rutas conectadas por cables entre switches, se conoce como enlaces o rutas redundantes, los cuales son construidos con el objeto de proporcionar redundancia física en una red conmutada. Su propósito es mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la red y con ello acceder a los recursos y servicios de la misma sin interrupciones.

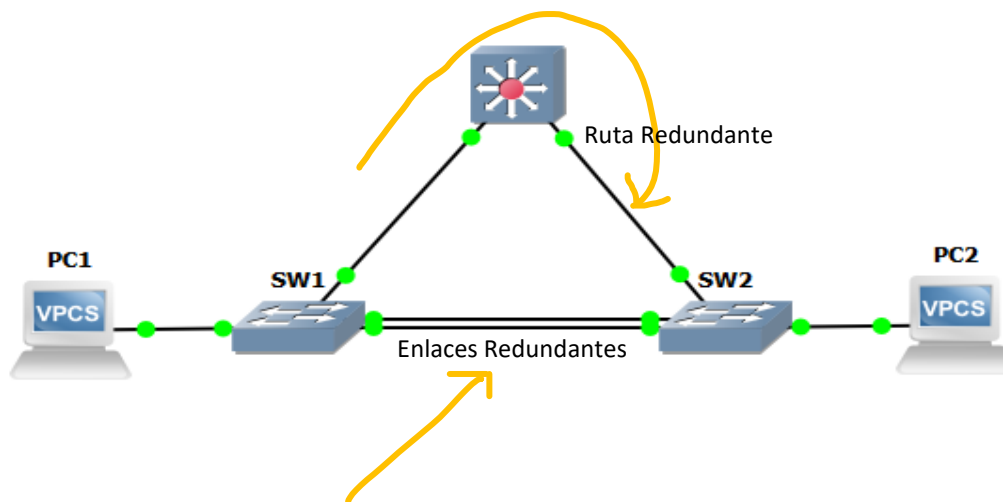


Figura 1. Diferencia entre un enlace y una ruta redundante.

La alta disponibilidad es un requisito importante para las redes actuales. Es necesario que dichas redes estén altamente disponibles y minimicen el tiempo de inactividad. Una forma de diseñar redes altamente disponibles es mediante el uso de dispositivos y enlaces redundantes. Sin embargo, al introducir redundancia en una red conmutada de Capa 2, puede introducir bucles de conmutación, tormentas de difusión, (*Broadcast*) y tramas duplicadas. El protocolo de árbol de expansión (STP, *IEEE 802.1D*) fue desarrollado para enfrentar estos inconvenientes. STP asegura que, en presencia de varias conexiones físicas, exista sólo una ruta lógica entre todos los destinos de la red, al realizar un bloqueo de forma intencional o calculada a aquellas rutas o enlaces redundantes, en otras palabras, las rutas físicas aún existen, pero las mismas se deshabilitan para evitar que puedan ocasionar un bucle de conmutación, tormenta de *broadcast*, duplicación de tramas, inestabilidad con la optimización multicast, convergencia muy lenta y menos agregación de ancho de banda.

## Alternativas a las Limitaciones de Spanning-Tree

La función primaria del algoritmo del árbol de expansión (STA) es cortar los bucles creados por enlaces redundantes en redes con conexión en bridge. El STP funciona en la Capa 2 del modelo de Interconexión de sistemas abiertos (OSI). Mediante las unidades de datos del protocolo del bridge (BPDU) que se intercambian entre los bridges, el STP selecciona los puertos, que eventualmente, reenvían o bloquean el tráfico. Este protocolo puede fallar en algunos casos específicos, y solucionar los problemas de la situación resultante puede ser muy difícil, en función del diseño de la red. En los últimos tiempos se ha venido trabajando e investigando en alternativas para solucionar las limitaciones que presenta STP, dominios de difusión Ethernet de Capa 2 limitado, incapacidad proporcionar capacidades de multiruta, diámetro de la red restringido y ausencia de resiliencia. TRILL (interconexión transparente de muchos enlaces) y 802.1aq (AKA Shortest Path Bridging o SPB) son estándares definidos por el IETF y el IEEE, respectivamente. Ambos estándares apuntan a reemplazar el protocolo de *Spanning Tree*, el cual se ha vuelto impráctico en las redes avanzadas de centros de datos actuales. Ambos estándares buscan expandir los dominios de difusión Ethernet de Capa 2 y proporcionar capacidades de multiruta, diámetro de la red y resiliencia que no son posibles con Spanning Tree.

Durante muchos años, las redes de centros de datos se han construido en capas que, cuando se diagrama, sugieren un árbol jerárquico. Este modelo jerárquico conocido como el modelo de interconexión jerárquica. dicho modelo simplifica la tarea de construir una red jerárquica fiable, escalable y menos costosa porque en lugar de centrarse en la construcción de paquetes, se centra en las tres áreas funcionales o capas de su red.

**Capa de Núcleo:** Esta capa se considera la columna vertebral o *backbone* de la red e incluye los switches o routers de gama alta y cables de alta velocidad como cables de fibra. Esta capa de la red no encamina el tráfico en la LAN. Además, los dispositivos de esta capa no realizan ninguna manipulación de paquetes, el tráfico que reciben estos dispositivos ya debe estar filtrado pues su propósito fundamental es de conmutar o transmitir a una muy alta velocidad y a su vez, asegura la entrega confiable de paquetes.

**Capa de Agregación:** esta capa incluye routers basados en LAN y switches de capa 3. Esta capa garantiza que los paquetes se enruten correctamente entre subredes y VLAN. En esta capa se desarrollan procesos como el filtrado de paquetes, políticas de enrutamiento, calidad de servicio, interconexión entre redes, etc.

**Capa de Acceso:** Esta capa incluye concentradores y conmutadores. Esta capa también se denomina capa de usuario final, ya que se centra en la conexión de nodos cliente, como estaciones de trabajo, laptops, teléfonos IP. Esta capa asegura que los paquetes se entregan o reciban de los dispositivos finales, es decir donde se genera o entrega el tráfico en la red. La figura 2 esquematiza este modelo jerárquico de tres capas con algunos ejemplos de dispositivos que se utilizan en cada una de las capas.

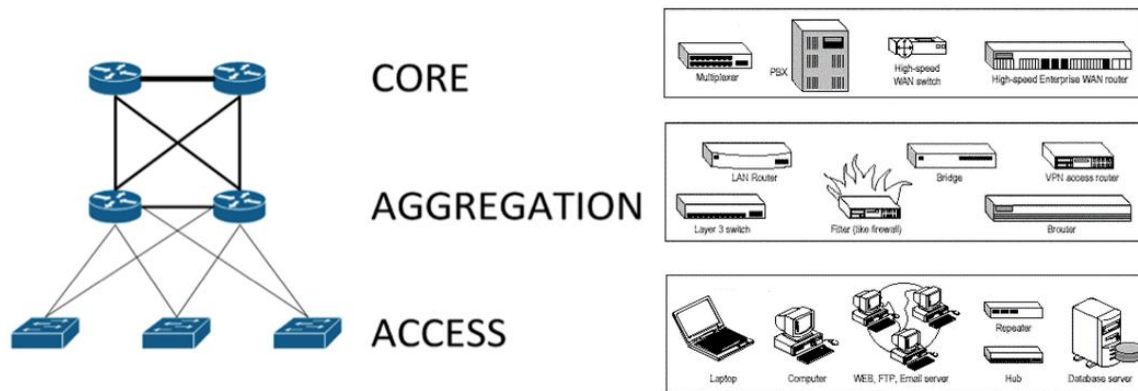


Figura 2. Modelo Jerárquico de tres capas.

Este modelo jerárquico de tres capas, escala relativamente bien, sin embargo, está sujeto a cuellos de botella si los enlaces ascendentes entre las capas están sobre-suscritos. Esto puede venir de latencia ocurridas por flujos de tráfico a través de cada capa y del bloqueo de enlaces redundantes cuando se encuentra implementado el protocolo de árbol de expansión, STP que de manera predeterminada está implementado. Como esta jerarquía se enfrenta a dichas limitaciones, un nuevo modelo está tomando su lugar.

## Arquitectura de Red Leaf-spine

Leaf-spine es una topología de red que es útil especialmente para centros de datos que últimamente experimentan más tráfico de la red *east-west* que el tráfico *north-south*. La topología está compuesta por switches *Leaf*, a los que se conectan los servidores y dispositivos de almacenamiento y los *switches Spine*, a los que se conectan los switches *Leaf*. Cada switches *Leaf* en una arquitectura Leaf-spine, conecta con cada *switch* de la estructura de la red, no importa a qué *switch leaf* se conecte un servidor, tiene que cruzar el mismo número de dispositivos cada vez que se conecta a otro servidor. La única excepción es cuando el otro servidor está en la misma hoja. Esto minimiza la latencia y los cuellos de botella, ya que cada carga sólo tiene que viajar a un interruptor spine y otro

*switches Leaf* para alcanzar su punto final. Los *switches Spine* tienen alta densidad de puerto y forman el núcleo de la arquitectura.

Una topología *Leaf-Spine* puede ser de capa 2 o capa 3 dependiendo de si los enlaces entre la capa *Leaf* y *Spine* sean conmutados o encaminados. En un diseño de capa 2 *Leaf-Spine*, Los protocolos: *Transparent Interconnection of Lots Links (TRILL)*, Interconexión Transparente de Muchos Enlaces o *Shortest Path Bridging (SPB)*, Puente de Ruta más Corta, remplazarán el protocolo de árbol de expansión. Tanto TRILL como SPB aprenden donde todos los hosts están conectados y proporcionan una ruta libre de bucle a sus direcciones Ethernet MAC a través de un primer cálculo de ruta más corta. En esta arquitectura de red, todos los hosts están vinculados a la estructura y ofrecen una ruta libre de bucle a su dirección Ethernet MAC a través de un cálculo de ruta más corta. En un diseño de capa 3 cada enlace se enruta. Este enfoque es más eficiente cuando las redes virtuales de área local (VLAN) se ocultan de los *switches Leaf* individuales o cuando una superposición de red, como VXLAN, está funcionando. La figura 3, muestra un esquema correspondiente a la arquitectura de red *Leaf-Spine*.

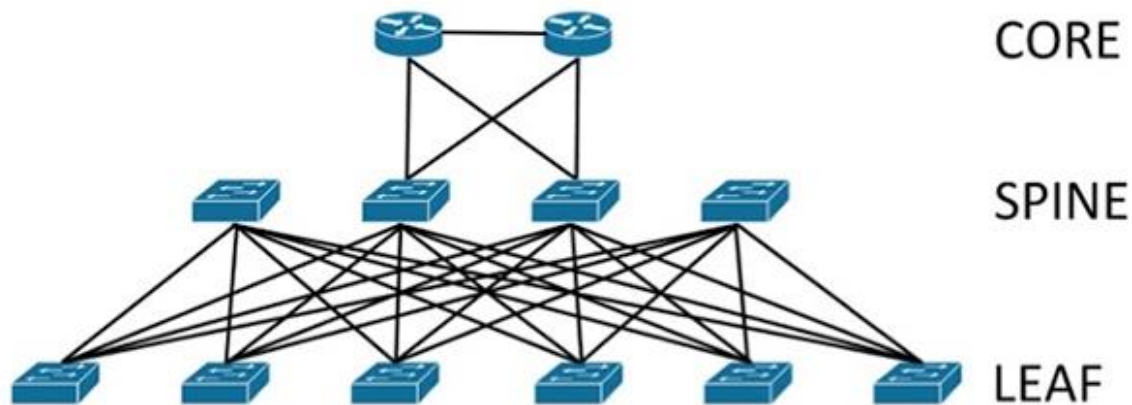


Figura 3. Arquitectura *Leaf-Spine*.

En una arquitectura *Leaf-Spine*, los *switches Leaf* forman la capa de acceso. Estos *switches* están totalmente conectados en malla a una serie de *switches spine*. La conexión *Leaf-Spine* en malla asegura que los *switches* de capa de acceso no estén a más de un salto de distancia unos de otros, de esta manera se logra minimizar la latencia y la probabilidad de cuellos de botella que puedan suceder entre los *switches* de capa de acceso, sin la necesidad de bloquear puertos como lo hace SPT.

## Transparent Interconnection of Lots Links (TRILL)

Interconexión Transparente de Muchos Enlaces, es un protocolo definido en la RFC5556 de mayo de 2009, usado para técnicas de enrutamiento. Se considera que está situado entre la capa 2 y 3 del modelo OSI, ya que implementa funcionalidades de ambas capas. TRILL combina técnicas de *bridging* y enrutamiento, y utiliza el enrutamiento de estado-enlace para hacer aparecer un conjunto de enlaces IP como un único enlace. Es un estándar propuesto por la IETF que utiliza protocolo de enrutamiento IS-IS, ya que este se basa en OSI y no en TCP/IP. Este protocolo contiene

las capacidades del algoritmo SPF (*Short Path First*) creado por Dijkstra. Permite manejar los bucles de una red de manera diferente a como lo hace STP. Gracias a TRILL cada equipo sabe de antemano por que interfaz de salida debe enviar el paquete ya que lo tiene todo en su tabla de enrutamiento. De la misma manera que en los protocolos de enrutamiento de nivel 3. Un paquete de un cliente, conectado a un switch es enrutado internamente y de manera transparente, pudiendo utilizar múltiples caminos y manejando los fallos que puedan surgir. TRILL no bloquea los enlaces, para utilizar los caminos más cortos, como lo hace STP, sino que hay una base de datos con la topología de la red, que evita los bucles dejando todos los enlaces activos, y por consiguiente el aprovechamiento de la red es mucho mayor, disminuyendo el tráfico y evitando congestiones. Actualmente TRILL está siendo implementado por muchos fabricantes y es considerado como un excelente protocolo de apoyo en las redes definidas por software SDN. El trabajo actual del grupo de trabajo, el cual se encuentra activo, gira en torno al apoyo operativo y extensiones adicionales y optimizaciones de TRILL para las propiedades de las redes en las que se despliega. El GT TRILL también produce correcciones, aclaraciones y actualizaciones de las RFCs de TRILL.

## Shortest Path Bridging (SPB)

Puente de Ruta más Corta, especificado en el estándar IEEE 802.1aq, es una tecnología de red que posibilita el enrutamiento *multipath*. SPB surgió como una alternativa mejorada de los antiguos protocolos *Spanning Tree*. SPB permite tener activas todas las rutas con caminos de igual costo, lo que conlleva una mayor escalabilidad a nivel de capa 2, aportando una mayor velocidad de convergencia y mejorando la eficiencia gracias a un incremento del ancho de banda y permitiendo al tráfico un balanceo de carga a través de todos los caminos de una topología en malla. SPB Está diseñado para eliminar los errores que se puedan presentar durante la configuración, preservando así la naturaleza *plug-and-play* que estableció Ethernet como protocolo por defecto de capa de enlace de datos. SPB heredan las ventajas propias del enrutamiento de estado de enlace, debido a la capacidad de usar toda la conectividad física disponible, ya que la prevención de bucles utiliza un plano de control con una visión global del estado de la red, además, la rápida restauración de la conexión tras un fallo, debido de nuevo a la visión global de la topología de red por el enrutamiento de estado de enlace. En caso de fallo, únicamente el tráfico afectado directamente por el error será afectado durante la restauración; el resto del tráfico no afectado continuará con normalidad. SPB hace una rápida restauración de la conexión *broadcast* y *multicast*, gracias a que IS-IS inunda toda la información requerida en las extensiones SPB a IS-IS, permitiendo de este modo que sea instalada conexión *unicast* y *multicast* en paralelo, sin necesidad de ejecutar un proceso de señalización sobre la topología convergente *unicast* para calcular y crear árboles de multidifusión.

Nombre: Jorge I. Blanco.

Jorge.blanco@docentes.umb.edu.co ing.jorgeblanco@gmail.com

Universidad Manuela Beltrán, Bogotá Colombia.

**Nota:** solicito amablemente y en caso de ser aceptada mi propuesta, la posibilidad de obtener asistencia económica por parte de los organizadores del evento, ya que no cuento con los recursos para el desplazamiento y alojamiento.