PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA



PLAN DE DISERTACIÓN

MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ.

AUTOR

Johanna Elizabeth Cruz Sandoval

TUTOR

Dr. Germán Arévalo

QUITO DM, 2024

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, JOHANNA ELIZABETH CRUZ SANDOVAL, con CI. 1722740394, autor del trabajo de graduación intitulado: "MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ.", previo a la obtención del título profesional de Magíster en Tecnologías de la Información mención Gestión y Administración de Tecnologías de la Información.

1.- Declaro tener conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de su sitio web de la biblioteca el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 2024

JOHANNA ELIZABETH CRUZ SANDOVAL

CI. 1722740394

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado Titulado: "MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ.", presentado por el maestrante JOHANNA ELIZABETH CRUZ SANDOVAL, titular de la Cédula de Identidad Nº 1722740394 para optar al Grado de Magíster en Tecnologías de la Información mención Gestión y Administración de Tecnologías de la Información, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería.

En la ciudad de Quito, a los 15 días de abril de 2024.



GERMÁN VICENTE ARÉVALO BERMEO C.I. 0103152500

garevalo893@puce.edu.ec

NRO TELÉFONO: 0991572515

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: … % índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE



MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%	2%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Activo		

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Johanna Elizabeth Cruz Sandoval, con cédula de ciudadanía 1722740394, declaro que todos los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de titulación, previo a la obtención del grado de Magíster en Tecnologías de la Información mención Gestión y Administración de Tecnologías de la Información, son de mi autoría, auténticos y originales.

Por lo que declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprendan de este trabajo son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Declaro que todo resultado académico que continúe con esta investigación y que se difunda tendrá como filiación la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, reconociendo al director de este trabajo de titulación en la autoría.



Johanna Elizabeth Cruz Sandoval
CI: 1722740394

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
1.1 Formulación del Problema 6
1.2 Objetivos de la Investigación 7
Objetivos Específicos 7
1.3 Justificación de la investigación 7
1.4 Alcance 8
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 9
2.1 Antecedentes 9
2.2 Bases teóricas 9
2.2.1 Red GPON basada en MPLS 9
2.2.2 Multiprotocol Label Switching (MPLS) 10
2.2.3 Protocolo OSPF (Open Shortest Path First) 11
2.2.4 BGP 12
2.2.5 Simple Networking Management Protocol (SNMP) 13
2.2.6 Modelo 5800 X2 14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 16
3.1 Estado de la red antes de la migración 16
3.2 Desarrollo del proceso de migración 18
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 23
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 28
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFIA 30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 Estructura de red MPLS……11
Figura 2 Modelo 5800 X2……15
Figura 3 Topología red actual en anillo……17
Figura 4 Ubicación centro Quitumbe……17
Figura 5 Establecimiento de sesiones BGP……21
Figura 6 Establecimiento de sesiones OSPF……21
Figura 7 Topología estrella luego de la migración ……22
Figura 8 Respuesta de ping Caso 1……23
Figura 9 Respuesta de ping Caso2 ……24
Figura 10 Respuesta de ping Caso1 ……24
Figura 11 Respuesta de ping Caso 2……25
Figura 12 Gráfica de consumo en topología anillo……26
Figura 13 Gráfica de consumo luego de la migración……26
Figura 14 Gráfica de saturación de la red……27

MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ.

Autor: Johanna Elizabeth Cruz Sandoval

Director -Tutor: Germán Vicente Arévalo Bermeo, PhD.

Fecha: 15-04-2024

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal la migración de una red GPON, que actualmente opera bajo una topología de anillo, hacia una topología en estrella en la ciudad de Quito, abarcando las parroquias de Chillogallo, Ecuatoriana y Guamaní. Esta migración es fundamental para mejorar la estabilidad y la redundancia de la red. Al adoptar una topología en estrella, se garantiza que en caso de una falla en uno de los enlaces, todo el tráfico pueda ser conmutado hacia otro enlace activo de manera inmediata, evitando así que la OLT quede sin servicio durante períodos prolongados.

Además de la redundancia, esta migración también busca optimizar los tiempos de respuesta hacia los servidores internacionales. Esto es particularmente importante para usuarios que dependen de aplicaciones sensibles al tiempo de respuesta, como los aficionados a los videojuegos en línea, los entusiastas del streaming y aquellos que utilizan servicios basados en la nube. Al reducir estos tiempos de respuesta, se mejora significativamente la experiencia del usuario y se garantiza una conexión más fluida y confiable.

Para lograr estos objetivos, se implementará una nueva red MPLS (Multiprotocol Label Switching). Esta tecnología ofrece una serie de ventajas, entre las que se incluye la capacidad de gestionar y enrutar el tráfico de manera más eficiente y flexible. En caso de fallas en los enlaces, congestión de la red o cuellos de botella, la red MPLS puede

adaptarse dinámicamente para optimizar el flujo de datos y garantizar la calidad del servicio en todo momento.

En resumen, esta migración a una topología en estrella junto con la implementación de una nueva red MPLS representa un paso crucial para mejorar la estabilidad, la redundancia y la calidad del servicio en la infraestructura de red de las parroquias de Chillogallo, Ecuatoriana y Guamaní en la ciudad de Quito.

Palabras clave: Redes PON, Topología Anillo, Topología Estrella, Redundancia,

Red MPLS.

MIGRACIÓN DE UNA RED ANILLO A RED MPLS GPON APLICADA A UNA EMPRESA PROVEEDORA DE SERVICIOS DE INTERNET EN LA CIUDAD DE QUITO PARA LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO, ECUATORIANA Y GUAMANÍ.

Autor: Johanna Elizabeth Cruz Sandoval

Director -Tutor: Germán Vicente Arévalo Bermeo, PhD.

Fecha: 15-04-2024

ABSTRACT

The main objective of this project is the migration of a GPON network, which currently operates under a ring topology, to a star topology in the city of Quito, covering the parishes of Chillogallo, Ecuatoriana and Guamaní. This migration is essential to improve network stability and redundancy. By adopting a star topology, it is ensured that in the event of a failure on one of the links, all traffic can be switched to another active link immediately, thus preventing the OLT from being out of service for prolonged periods.

In addition to redundancy, this migration also seeks to optimize response times to international servers. This is particularly important for users who rely on response time-sensitive applications, such as online gaming fans, streaming enthusiasts, and those using cloud-based services. Reducing these response times significantly improves the user experience and ensures a smoother, more reliable connection.

To achieve these objectives, a new MPLS (Multiprotocol Label Switching) network will be implemented. This technology offers a number of advantages, including the ability to manage and route traffic more efficiently and flexibly. In the event of link failures, network congestion or bottlenecks, the MPLS network can dynamically adapt to optimize data flow and ensure quality of service at all times.

In summary, this migration to a star topology together with the implementation of a new MPLS network represents a crucial step to improve the stability, redundancy and quality of service in the network infrastructure of the parishes of Chillogallo, Ecuatoriana and Guamaní in the city of Quito.

Keywords: PON Networks, Ring Topology, Star Topology, Redundancy, MPLS Network.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por darme la fortaleza y la salud necesarias para disfrutar de la vida cada día.

Agradezco profundamente a mis padres, Wilson y Blanca, por su inquebrantable sacrificio y esfuerzo para que pueda alcanzar cada una de mis metas.

A mis hermanas, Anita y Diana, les agradezco de todo corazón por su apoyo incondicional y por estar siempre presentes para brindarme su ayuda cuando más lo he necesitado.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Germán Arévalo B., mi director de tesis, por su valioso apoyo y aportes que fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a las personas que fueron parte de este proceso:

A mi principal por la constancia de seguir y culminar los proyectos profesionales y personales,
A mis padres: Wilson Cruz y Blanca Sandoval,
A mis hermanas: Diana y Anita,
A mis sobrino:Mathias.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del Problema

Debido a la pandemia, que confinó a las personas en sus hogares, la cual provocó un alto consumo del servicio de internet durante los 2 últimos años, varias terminales ópticas de línea (OLTs) de redes ópticas de acceso PON se encuentren saturados, provocando lentitud, intermitencia, cuellos de botella en horas pico, degradación en la calidad del servicio. Esto es percibido por los clientes quienes al no estar conformes con el servicio brindado y en consecuencia se comunican a través de los canales de atención para solicitar soporte técnico.

Además, dentro de los escenarios que pueden afectar la continua comunicación entre los OLTs conectados en anillo, pueden ser un corte de ruta en un enlace de conexión, saturación de tráfico, desbalanceo de carga entre otros. El tiempo de restablecimiento para que nuevamente el OLT se encuentre operativo es alto, lo que provoca un encolamiento en los canales de atención al reportar el suceso presentado. Al implementar una nueva topología a estrella permitirá que cada OLT tenga dos puntos de conexión uplink de esa manera bajará la saturación del tráfico de datos, brindará una mejor velocidad de conexión a internet, el tiempo de conmutación será mínimo al cambiar al PE (Provider Edge) backup.

1.2 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Migrar una red anillo a una red MPLS GPON, aplicada a una empresa proveedora de servicios de internet en la ciudad de Quito para las parroquias Chillogallo, Ecuatoriana y Guamaní.

Objetivos Específicos

- Definir un proceso secuencial que detalle el route map de ejecución para la migración de la red anillo a una red MPLS GPON.
- Verificar los servicios y protocolos que se encuentran operativos luego de la ejecución de la migración por cambio de topología.
- Comparar la mejora de rendimiento de la red GPON MPLS con la red anillo para las parroquias Chillogallo, Ecuatoriana y Guamaní.

1.3 Justificación de la investigación

La topología actual de la red GPON (Gigabit Passive Optical Network) implementada en la empresa de telecomunicaciones hace que cada OLT dentro del pétalo se encuentre conectada en anillo, es decir, uno seguido de otro. Solamente los dos OLT que son extremos del pétalo tiene una conexión directa al PE el cual permite salir a internet a través de la red de backbone. Al presentarse una falla en un extremo todo el tráfico conmutará hacia la otra ruta operativa, provocando saturación de tráfico en ese extremo. En consecuencia, será notable la percepción de lentitud e intermitencia por parte del consumidor.

A través de la migración a topología estrella con tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching), cada OLT al salir del anillo tendrá una conexión directa a internet debido que estará conectado a un doble PE (Cisco y Huawei) a través de dos hilos de fibra óptica en los uplinks del equipo.

Esto permitirá que tenga redundancia ante una falla ya que todo el tráfico conmutará por el otro enlace activo y así se evitará que la OLT se quede sin servicio por un largo tiempo. También disminuye los tiempos de respuesta hacia los servidores internacionales, lo que es de vital importancia para aquellos usuarios que se dedican

a los videojuegos en línea, streaming, conexión a la nube etc. Todo el sistema funcionará sobre una nueva red MPLS, la cual ofrece la flexibilidad para entregar y enrutar tráfico en caso de fallas de enlace, congestión, cuello de botella y mejorar la calidad de servicio.

1.4 Alcance

El presente trabajo tiene como alcance migrar la red de las parroquias Chillogallo, Ecuatoriana y Guamaní de la ciudad de Quito, actualmente esta red está estructurada como una topología basada en anillo, presente en todos los pétalos. Esta red actual será migrada a topología estrella (MPLS), la cual permitirá tener una redundancia más efectiva, segmentación de tráfico para diferentes tipos de servicios como cámaras de seguridad, Access Point e internet. Esta solución también permitirá una mejora en tiempos de respuesta, velocidad de navegación, estabilidad y calidad de la red.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes

La pandemia mundial de los últimos dos años ha llevado a un crecimiento significativo de proveedores de servicios de Internet (ISP), ya que la sociedad se ha visto obligada a mantenerse conectada de forma constante. En el país, varias empresas han experimentado un crecimiento exponencial al ofrecer paquetes de internet fijo para el hogar. Con el objetivo de mejorar la experiencia de los usuarios finales, se busca avanzar en la velocidad y calidad del servicio de internet a través de la transformación digital y las nuevas tecnologías. En este marco teórico, se explorarán los fundamentos conceptuales y teóricos relacionados con esta mejora, considerando la evolución de las tecnologías de comunicación, la importancia de la conectividad en la sociedad y las estrategias implementadas por las empresas proveedoras de servicios de Internet. Se espera obtener una base sólida de conocimiento para identificar enfoques y soluciones que puedan aplicarse en este contexto.

La migración de una red anillo a una red MPLS GPON es un tema de gran relevancia en el contexto de las redes de telecomunicaciones, especialmente en áreas urbanas y rurales que requieren una mayor capacidad y calidad de servicios de Internet. En este marco teórico, se explorarán los conceptos clave relacionados con la migración y se revisarán los estudios previos relevantes, así como las ventajas y desafíos asociados con esta transición.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Red GPON basada en MPLS

Las redes GPON basadas en MPLS combinan las ventajas de ambas tecnologías para ofrecer servicios de banda ancha de alta velocidad y calidad a los usuarios finales. GPON es una tecnología de acceso de fibra óptica que utiliza una arquitectura de división de tiempo (TDMA) para compartir el ancho de banda de la fibra entre múltiples usuarios. Proporciona altas velocidades de transmisión y capacidades de ancho de banda simétricas, lo que la hace ideal para ofrecer servicios de Internet, telefonía y televisión (LACNIC, 2004).

MPLS, por otro lado, es una tecnología de enrutamiento y conmutación que utiliza etiquetas para enrutar y conmutar el tráfico de manera eficiente. Permite la creación de circuitos virtuales (LSPs) para establecer rutas predefinidas y garantizar la calidad de servicio.

Al combinar GPON y MPLS, se obtiene una solución poderosa para redes de acceso de alta capacidad y rendimiento. La red GPON proporciona la infraestructura física de fibra óptica para la transmisión de datos, mientras que MPLS se encarga del enrutamiento y conmutación eficiente del tráfico.

Las redes GPON basadas en MPLS ofrecen beneficios como un mejor control de calidad de servicio, mayor eficiencia en el uso del ancho de banda, mayor escalabilidad y flexibilidad en la gestión de la red. Además, permiten la implementación de servicios diferenciados, como VPNs seguras y priorización de tráfico.

2.2.2 Multiprotocol Label Switching (MPLS)

MPLS, definido en la RFC 3031, es una tecnología WAN que utiliza un mecanismo de encapsulación para realizar el enrutamiento de paquetes. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI, lo que le otorga el nombre de "protocolo de capa 2.5". En lugar de examinar la cabecera de capa 3, los equipos configurados con MPLS analizan las etiquetas, lo que los hace independientes de los protocolos de capa 2 y 3.

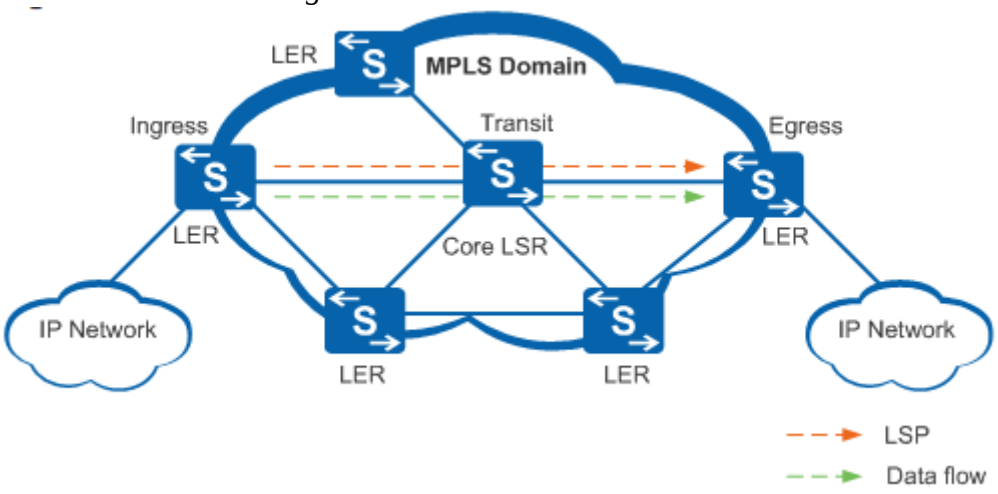
La utilización de MPLS ofrece varias ventajas. Su simplicidad en el reenvío de paquetes permite reducir la carga del nodo de red, ahorrar recursos y evitar consultas en las tablas de enrutamiento. A través del uso de etiquetas, los equipos dentro del dominio MPLS pueden definir la ruta más rápida, eficiente y confiable.

MPLS es ampliamente adoptado por proveedores de servicios, empresas e ISP para redes privadas virtuales (VPN) seguras, conexiones punto a punto y enrutamiento optimizado en redes a gran escala. Ofrece versatilidad, enrutamiento eficiente y un mejor rendimiento de red, lo que lo convierte en una opción popular en las infraestructuras de comunicación modernas (IONOS, 2017).

2.2.2.1 Funcionamiento de MPLS

En cuanto al funcionamiento de MPLS, una arquitectura de red típica implica el intercambio de etiquetas MPLS entre los enrutadores de conmutación de etiquetas (LSR, por sus siglas en inglés). Estos LSR deben ser capaces de funcionar tanto en el plano de control como en el plano de datos.

Figura 1 Estructura de red MPLS



Fuente: (Huawei, 2019)

El tráfico que ingresa a una red MPLS es direccionado inicialmente al enrutador Edge LSR (LER), donde se le asigna una etiqueta en un proceso conocido como "Push". A medida que el paquete avanza a lo largo de su ruta designada, denominada LSP (Label Switched Path), esta etiqueta inicial se intercambia por otra etiqueta en cada router LSR, en un proceso llamado "Swap". Finalmente, cuando el paquete llega al último Edge LSR, se elimina la etiqueta para permitir su ingreso a la red destino sin la encapsulación MPLS, de modo que los routers de borde empresarial puedan interpretar el tráfico. Este último proceso, de eliminar la etiqueta, se conoce como "POP".

2.2.3 Protocolo OSPF (Open Shortest Path First)

El Protocolo OSPF (Open Shortest Path First) es un algoritmo de enrutamiento de estado de enlace ampliamente utilizado en redes de área extensa (WAN) e intranets para determinar las rutas más cortas y eficientes entre los nodos. Se basa en el algoritmo Dijkstra, que permite calcular la ruta más corta desde un nodo origen hacia todos los demás nodos en una red.

Una de las características distintivas de OSPF es su capacidad para calcular rutas utilizando métricas ponderadas, lo que permite adaptar el enrutamiento a diversas condiciones de red, como ancho de banda, retardo y carga. El protocolo OSPF también utiliza el enrutamiento por estado de enlace, donde los routers intercambian información sobre la topología de la red a través de mensajes de actualización de estado de enlace (LSU) (Ariganello, 2020).

Las ventajas clave del Protocolo OSPF incluyen:

Convergencia rápida: OSPF se adapta rápidamente a los cambios en la red y calcula nuevas rutas cuando se producen modificaciones en la topología, lo que garantiza una convergencia rápida y una red más estable.

Escalabilidad: Debido a su enfoque jerárquico mediante áreas de enrutamiento, OSPF es altamente escalable y eficiente, lo que lo hace adecuado para redes grandes y complejas.

Carga balanceada: OSPF permite la implementación de carga balanceada al calcular las rutas más cortas utilizando métricas ponderadas, lo que asegura una distribución equitativa del tráfico en la red.

Soporte de redes grandes: La capacidad de OSPF para dividir la red en áreas de enrutamiento reduce la cantidad de información de enrutamiento que cada router debe procesar, lo que lo hace ideal para redes de gran tamaño.

En conclusión, el Protocolo OSPF es una herramienta esencial en el campo de las redes de área extensa e intranets. Su habilidad para calcular rutas eficientes, adaptarse rápidamente a los cambios de la red y su escalabilidad lo convierten en un pilar fundamental para lograr una conectividad confiable y óptima en entornos de redes complejos.

2.2.4 BGP

El Border Gateway Protocol (BGP) es un protocolo de enrutamiento utilizado para el intercambio de información de enrutamiento entre sistemas autónomos (AS) en internet. Es considerado uno de los protocolos de enrutamiento más críticos y fundamentales para el funcionamiento de la internet global.

A diferencia de los protocolos de enrutamiento internos, BGP se enfoca en el intercambio de información entre dominios de enrutamiento autónomos. Cada sistema

autónomo es responsable de tomar decisiones de enrutamiento para las redes que controla y luego compartir esa información con otros sistemas autónomos a través de sesiones BGP (IONOS, 2023).

Las características más destacadas de BGP incluyen:

Path Vector Protocol: BGP utiliza un vector de ruta para determinar el mejor camino hacia una red de destino. Este vector contiene información sobre los sistemas autónomos atravesados para llegar a la red de destino, junto con la métrica asociada con cada ruta.

Políticas de Enrutamiento: BGP es altamente flexible y permite a los administradores de red aplicar políticas de enrutamiento para influir en la selección de rutas. Esto brinda un mayor control sobre cómo se enruta el tráfico en la red.

Escalabilidad: BGP ha demostrado ser escalable para manejar el crecimiento masivo de la internet y la complejidad creciente de las tablas de enrutamiento global.

Estabilidad: BGP está diseñado para ser robusto y estable, minimizando las fluctuaciones en las tablas de enrutamiento y garantizando rutas confiables.

Convergencia Lenta: BGP tiene un tiempo de convergencia relativamente lento en comparación con los protocolos de enrutamiento internos. Si bien esto es adecuado para redes de gran escala, requiere una cuidadosa administración y planificación para evitar problemas de enrutamiento (Lasso M,2007).

2.2.5 Simple Networking Management Protocol (SNMP)

El Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP, por sus siglas en inglés) es un estándar ampliamente utilizado para el monitoreo y gestión de dispositivos de red en entornos de tecnologías de la información. SNMP permite a los administradores supervisar y controlar la infraestructura de red, recopilando información esencial sobre el rendimiento, estado y disponibilidad de los dispositivos.

SNMP funciona en una arquitectura cliente-servidor, donde los dispositivos administrados, conocidos como agentes SNMP, envían información sobre su estado a un servidor de gestión denominado Sistema de Gestión de Red (NMS, por sus siglas en inglés). La NMS, a su vez, puede enviar comandos y solicitudes de información a los agentes SNMP para configurar o recopilar datos específicos (Namrata, Shankar Kandukuri,2019).

El funcionamiento de SNMP se basa en la estructura de la Base de Información de Administración (MIB, por sus siglas en inglés), que es una base de datos jerárquica que almacena información específica sobre los dispositivos y los parámetros que se pueden supervisar y controlar. Las MIB definen la estructura de datos que los agentes SNMP pueden proporcionar y las operaciones que la NMS puede realizar.

Las características principales de SNMP incluyen:

Simplicidad: SNMP es conocido por su simplicidad y facilidad de implementación, lo que lo convierte en una herramienta popular para la gestión de redes.

Versatilidad: SNMP es compatible con una amplia variedad de dispositivos de red, desde enrutadores y conmutadores hasta servidores y dispositivos IoT (Internet of Things).

Monitoreo Proactivo: SNMP permite a los administradores de red recibir notificaciones y alertas en tiempo real sobre eventos importantes o problemas en la red, facilitando una respuesta proactiva ante posibles incidencias.

Evolución: SNMP ha evolucionado a lo largo de los años, pasando de su versión original SNMPv1 a SNMPv2 y SNMPv3, mejorando la seguridad y la funcionalidad en cada iteración (SNMP tutorial, “ManageEngine”,2023).

2.2.6 OLT modelo 5800 X2

La OLT (Optical Line Terminal) desempeña un papel fundamental en las redes de acceso de fibra óptica, especialmente en las tecnologías como GPON. Actuando como punto de concentración, la OLT permite la transmisión de datos a alta velocidad y la entrega de servicios de banda ancha a los usuarios finales.

Como ventajas del OLT se destaca la capacidad de transmisión, baja latencia y soporte para múltiples servicios, así como los desafíos técnicos y operativos relacionados con la gestión de la calidad de servicio, el mantenimiento de la red y la seguridad.

El modelo considerado para la migración es el equipo Huawei 5800 X2, que permite configurar redes MPLS, activar servicios en diferentes vlans.

Figura 2 Modelo 5800 X2



Fuente: (NORMANN ENGINEERING, 2019)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La metodología que se usará para migrar una red anillo a MPLS GPON se basa en etapas secuenciales que depende del cumplimiento de procesos anteriores para llegar a los resultados. La red actual está dividida en pétalos y en cada uno de ellos se encuentran los OLTs conectados en topología anillo. Al migrar a una red MPLS GPON permitirá que cada OLT tenga una conexión directa al PE y para ello se detallará en subprocesos:

Para el cumplimiento del objetivo específico uno, se determinará las variables que intervienen en el proceso dando lugar a un orden de ejecución de la migración, partiendo desde la entrega de recursos físicos y lógicos, seguido de una planificación donde se ejecutará la ventana de trabajo para que luego de haber sido migrado el OLT se deba realizar el proceso post migración que incluye de manera general la actualización de documentación, topología, herramientas de monitoreo y aplicativos.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, se podrá revisar los servicios activos una vez realizado la migración, es decir, luego de reiniciar el OLT se procede a validar desde CLI, las sesiones establecidas del OSPF, BGP. Así como se revisará los servicios activos de los clientes que cuenten con salida a internet y que tomen una dirección IP luego de haber sido reiniciado el ONT.

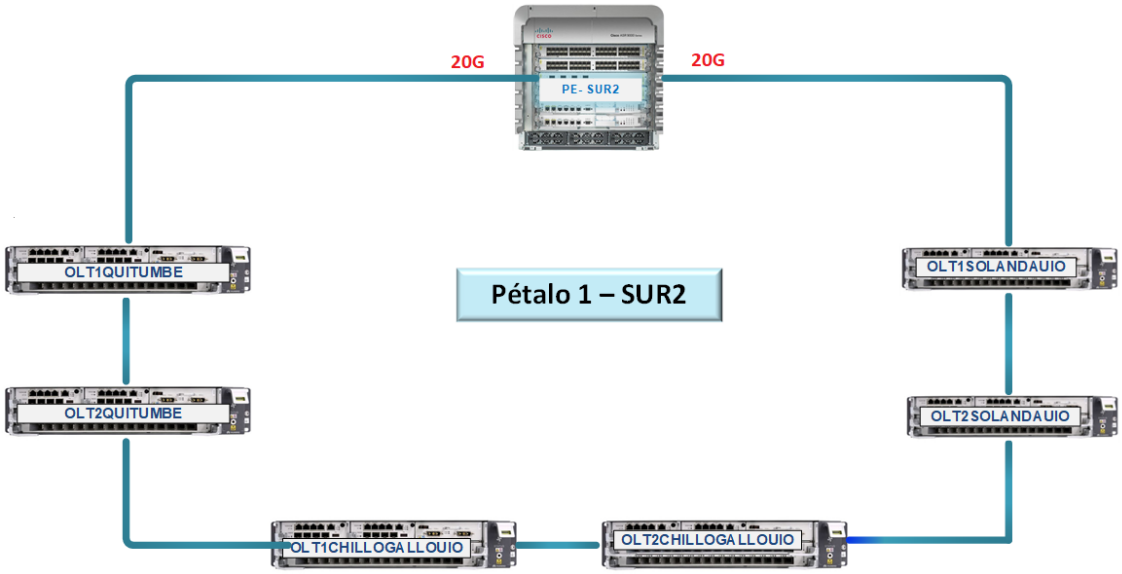
Para el cumplimiento del tercer objetivo, se podrá revisar el mejoramiento del tiempo de respuesta de PING desde el ONT de un cliente por cada pool creado en el OLT.

Adicional se podrá generar un historial mediante la herramienta de monitoreo CACTI de tal manera, permita observar el consumo del antes y después del OLT migrado.

3.1 Estado de la red antes de la migración.

La figura 3.1 representa la topología actual de la red del pétalo que está siendo considerada para su migración. En esta topología en anillo, donde cada OLT se conecta en serie, permite una comunicación circular entre ellos. Por un extremo del anillo, se encuentra la conexión hacia el PE a través de la interfaz Te0/0/0/0, mientras que, en el otro extremo del anillo, se conecta hacia otro punto de entrada mediante la interfaz Te0/0/0/1.

Figura 3 Topología red actual en anillo



Fuente: Autor

Figura 4 Ubicación centro Quitumbe



Fuente: Autor

La elección de una topología en anillo puede ofrecer algunas ventajas, como redundancia y equilibrio de carga, pero también puede presentar desafíos, como la convergencia de rutas y la administración de enlaces. Para hacer frente a estos desafíos, la red actual utiliza el protocolo de enrutamiento OSPF (Open Shortest Path

First) para la comunicación entre los OLTs en el anillo. OSPF es un protocolo de estado de enlace que calcula las rutas más cortas y eficientes para el tráfico en la red, lo que garantiza una convergencia rápida y una distribución equitativa del flujo de datos en el anillo.

Adicionalmente, para la comunicación entre los OLTs extremos del anillo, se implementa el protocolo de enrutamiento BGP (Border Gateway Protocol. BGP es un protocolo de enrutamiento de interconexión entre sistemas autónomos, lo que permite el intercambio de información de enrutamiento entre dominios autónomos diferentes. Esta elección de utilizar BGP entre los OLTs extremos es adecuada, ya que garantiza una conectividad confiable y eficiente entre los extremos del anillo, asegurando la comunicación fluida de la red.

Es importante destacar que, a pesar de las ventajas de la topología en anillo, esta configuración también puede presentar algunos desafíos en términos de escalabilidad y mantenimiento. Por lo tanto, la decisión de migrar la red actual podría ser una oportunidad para considerar la topología en estrella, que pueden ofrecer diferentes beneficios y soluciones para las necesidades de la red.

Durante el proceso de migración, se debe tener especial cuidado con la configuración de los equipos, la planificación adecuada para minimizar el tiempo de inactividad y la implementación de medidas de seguridad para proteger la integridad de la red durante la transición. Además, es fundamental llevar a cabo una rigurosa monitorización y pruebas exhaustivas antes, durante y después de la migración para garantizar que todo el proceso sea exitoso y que la red funcione de manera óptima en su nueva configuración.

3.2 Desarrollo del proceso de migración

En el desarrollo del proyecto, resulta fundamental contar con la participación de varias áreas, cada una aportando sus recursos físicos y lógicos en función de su competencia específica.

Con el propósito de definir las variables involucradas en el proceso de cambio de topología, se ha estructurado en tres etapas bien diferenciadas: antes, durante y después de la ejecución.

3.2.1 Etapa 1: Certificación de Rutas de Fibra Óptica y Preparación de Recursos para la Migración.

En esta primera etapa, resulta indispensable llevar a cabo una minuciosa certificación de las rutas de fibra óptica, tanto para el camino A como en el B, con el objetivo de permitir una conectividad ininterrumpida desde el nodo agregador hacia los nodos que serán migrados. Para alcanzar este propósito, se efectuarán las revisiones de conexiones internas y externas necesarias, asegurando de manera meticulosa que se cumplan los parámetros de potencia óptica previamente definidos, los cuales oscilan entre -3 dBm y -12 dBm. En situaciones donde el enlace presente atenuación por diversos motivos, se realizará un análisis de presupuesto óptico para explorar posibles opciones de mejora de potencia.

Simultáneamente, se gestionará la solicitud de recursos lógicos, una tarea a cargo del equipo de networking. Esta gestión abarcará aspectos importantes como la configuración y direccionamiento de vlans, la asignación de direcciones Ipv4 e Ipv6 para los Pes y OLTs, además de liberar las interfaces necesarias en los dos PEs.

Una vez que los recursos estén disponibles y en orden, se procederá a elaborar cuidadosamente la plantilla que se cargará en el OLT para implementar la nueva configuración. Dicha plantilla será sometida a un detallado proceso de aprobación y validación, de manera que se asegure su corrección y se verifiquen adecuadamente los nuevos recursos asociados al OLT.

Es relevante señalar que todos los OLTs que serán objeto de migración ya están en funcionamiento y cuentan con información preconfigurada, incluyendo su dirección IP de administración y las vlans de servicios que se transferirán a la nueva plantilla.

Con los recursos físicos debidamente preparados y la plantilla aprobada, se procederá a la planificación de la fecha precisa para llevar a cabo la ventana de trabajo. Para garantizar un control y seguimiento meticuloso durante todo el proceso, se creará un sistema de control de cambios que respaldará la ejecución de las tareas con la máxima eficiencia y precisión.

3.2.2 Etapa 2: Ejecución de la migración por cambio de topología

En esta fase del proceso, se lleva a cabo la ejecución de la migración mediante el cambio de topología. Las tareas se realizan en sitio y comienzan en horarios de baja

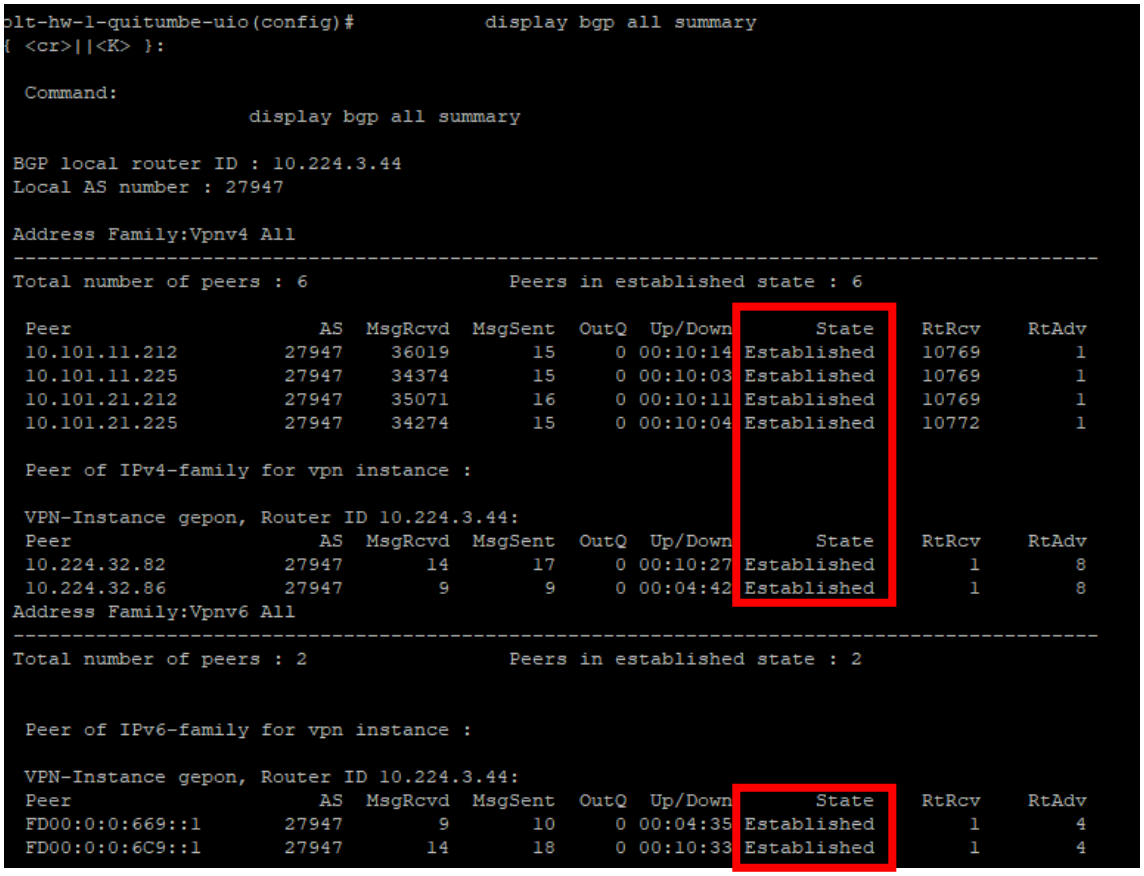
afectación para minimizar el impacto en el servicio al cliente final debido al reinicio del OLT. Durante esta etapa, se realizan las siguientes actividades con el objetivo de garantizar una migración exitosa:

- Identificación de rutas y materiales necesarios para llevar a cabo los trabajos de migración de manera eficiente y sin contratiempos.
- Configuración conjunta de los equipos (PE y OLT) con el responsable de la ventana del departamento de red. El cual se encarga de ejecutar la configuración en el PE (Provider Edge), mientras que el personal en el sitio procederá a configurar el OLT.
- Carga de la plantilla con la nueva configuración en el OLT, lo que puede generar una desconexión temporal del servicio, aproximadamente 15 minutos de afectación al servicio del cliente final. Con el objetivo de mitigar cualquier posible inconveniente, se recomienda realizar un ping extendido a la dirección IP de administración y a la dirección IP pública. De esta manera, se establece un monitoreo constante para verificar cuándo el equipo ha sido restablecido adecuadamente.

3.2.3 Etapa 3: Verificación y Actualización de Servicios después de la Migración

Una vez completado el cambio tanto en la topología física como lógica, es fundamental asegurarse de que los servicios de los clientes finales estén activos y operando correctamente. Para ello, se realiza una revisión exhaustiva del peer desde el OLT hacia el PE, utilizando los protocolos OSPF y BGP para verificar el establecimiento adecuado de las sesiones, según se indica a continuación:

Figura 5 Establecimiento de sesiones BGP



```
olt-hw-1-quitumbe-uio(config)#          display bgp all summary
{ <cr>||<K> }:

 Command:
                  display bgp all summary

BGP local router ID : 10.224.3.44
Local AS number : 27947

Address Family:Vpnv4 All
------------------------------------------------------------------------------
Total number of peers : 6                Peers in established state : 6

 Peer                    AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down       State   RtRcv    RtAdv
 10.101.11.212        27947    36019       15     0 00:10:14 Established   10769        1
 10.101.11.225        27947    34374       15     0 00:10:03 Established   10769        1
 10.101.21.212        27947    35071       16     0 00:10:11 Established   10769        1
 10.101.21.225        27947    34274       15     0 00:10:04 Established   10772        1

 Peer of IPv4-family for vpn instance :

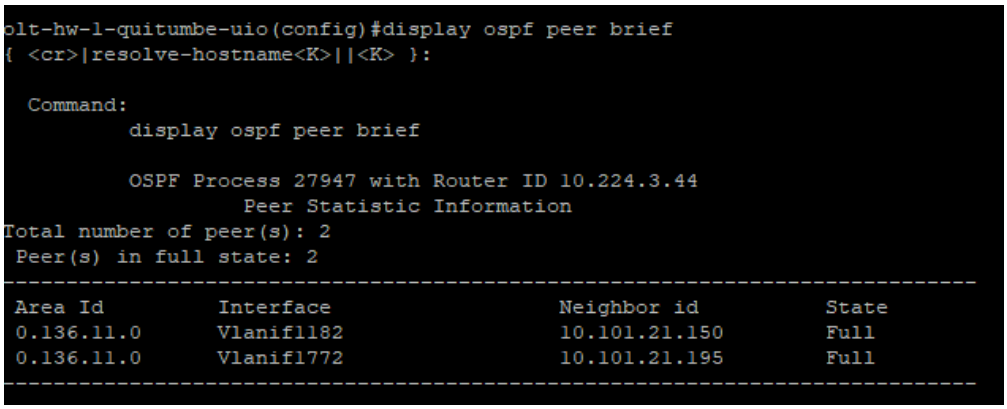
 VPN-Instance gepon, Router ID 10.224.3.44:
 Peer                    AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down       State   RtRcv    RtAdv
 10.224.32.82         27947       14       17     0 00:10:27 Established       1        8
 10.224.32.86         27947        9        9     0 00:04:42 Established       1        8
Address Family:Vpnv6 All
------------------------------------------------------------------------------
Total number of peers : 2                Peers in established state : 2


 Peer of IPv6-family for vpn instance :

 VPN-Instance gepon, Router ID 10.224.3.44:
 Peer                    AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down       State   RtRcv    RtAdv
 FD00:0:0:669::1      27947        9       10     0 00:04:35 Established       1        4
 FD00:0:0:6C9::1      27947       14       18     0 00:10:33 Established       1        4
```

Fuente: Autor

Figura 6 Establecimiento de sesiones OSPF



```
olt-hw-1-quitumbe-uio(config)#display ospf peer brief
{ <cr>|resolve-hostname<K>||<K> }:

  Command:
          display ospf peer brief

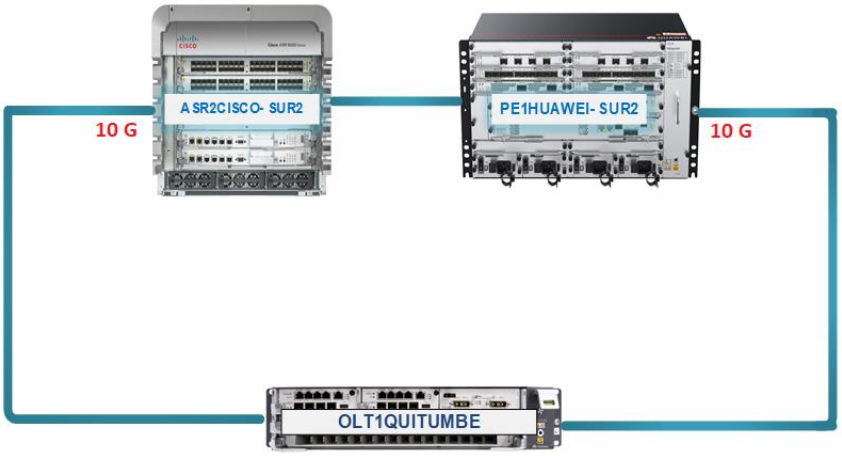
          OSPF Process 27947 with Router ID 10.224.3.44
                    Peer Statistic Information
Total number of peer(s): 2
 Peer(s) in full state: 2
--------------------------------------------------------------------------
 Area Id         Interface                 Neighbor id          State
 0.136.11.0      Vlanif1182                10.101.21.150        Full
 0.136.11.0      Vlanif1772                10.101.21.195        Full
--------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: Autor

Una vez confirmado que todos los servicios se han restablecido sin problemas, se procede a actualizar la información en los aplicativos internos de registro y operación correspondiente, así como en las herramientas de monitoreo y en la bitácora de

conexiones. Además, será necesario actualizar las gráficas en VISIO para reflejar la nueva topología de la red.

Figura 7 Topología estrella luego de la migración.



Fuente: Autor

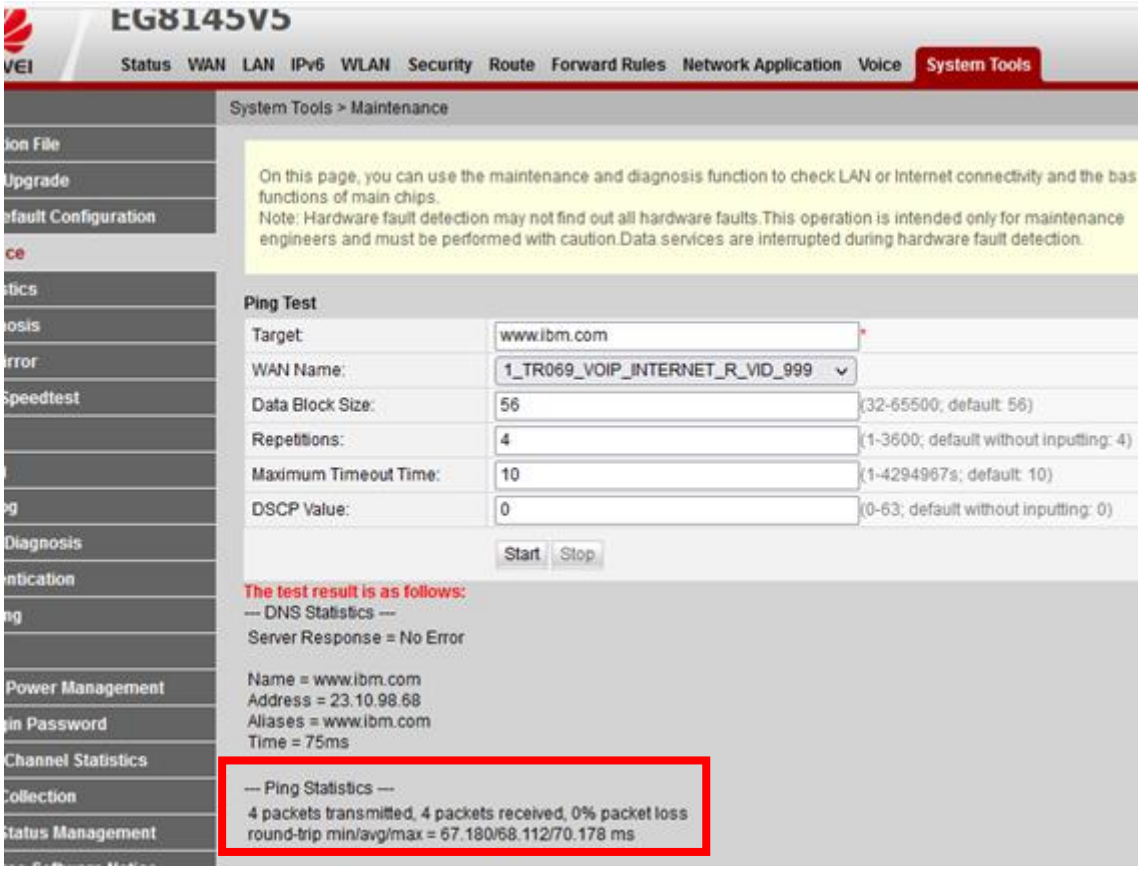
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Respuesta de PING

Luego de haber sido migrado el OLT a topología estrella, uno de los beneficios importantes es la rápida transacción de datos debido a la conexión directa al PE. Para evaluar la mejora de desempeño se ha realizado un ping a varios servidores web desde el ONT del cliente.

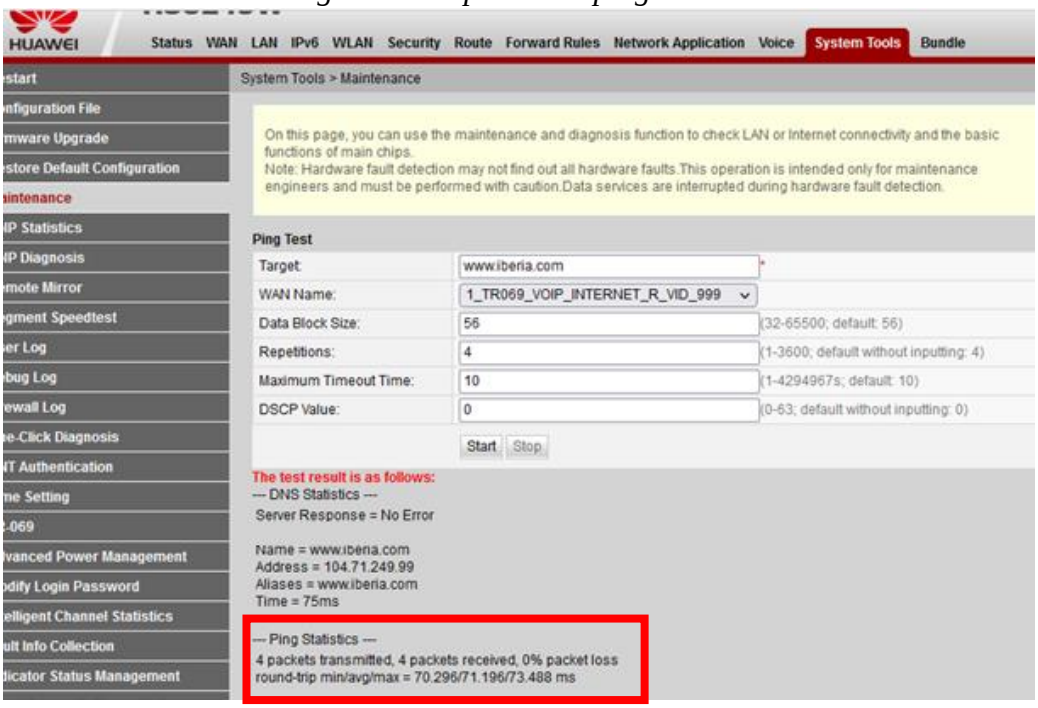
Antes de la migración:

Figura 8 Respuesta de ping Caso 1



Fuente: Autor

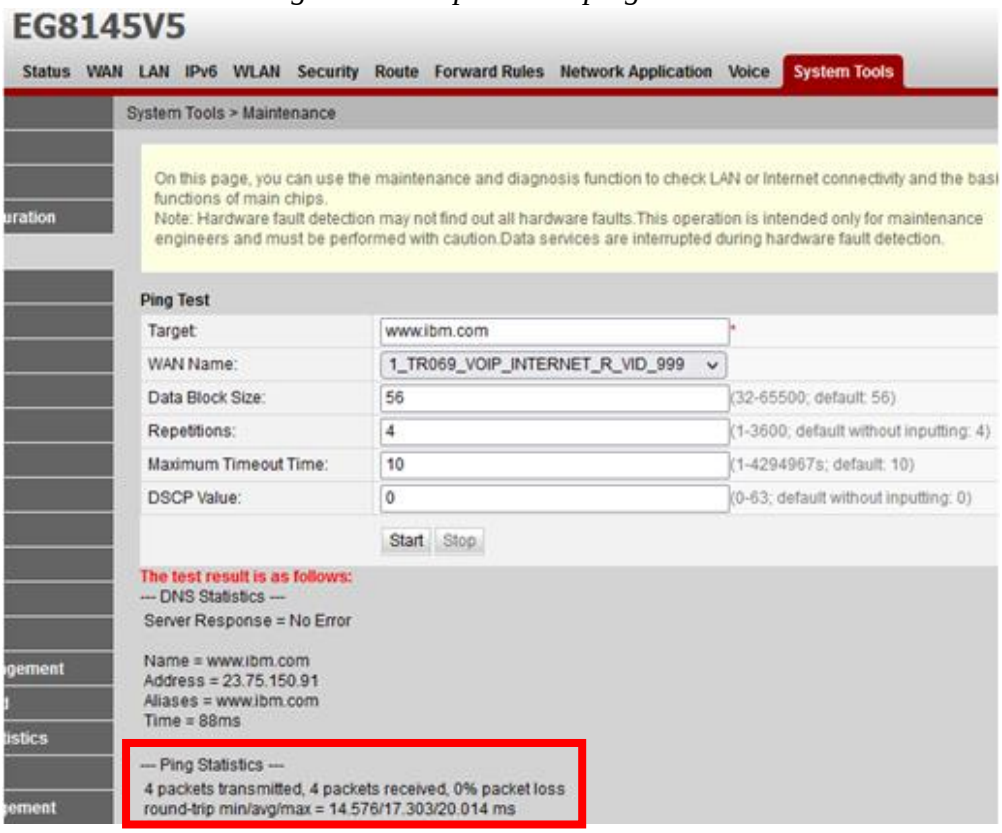
Figura 9 Respuesta de ping Caso 2



Fuente: Autor

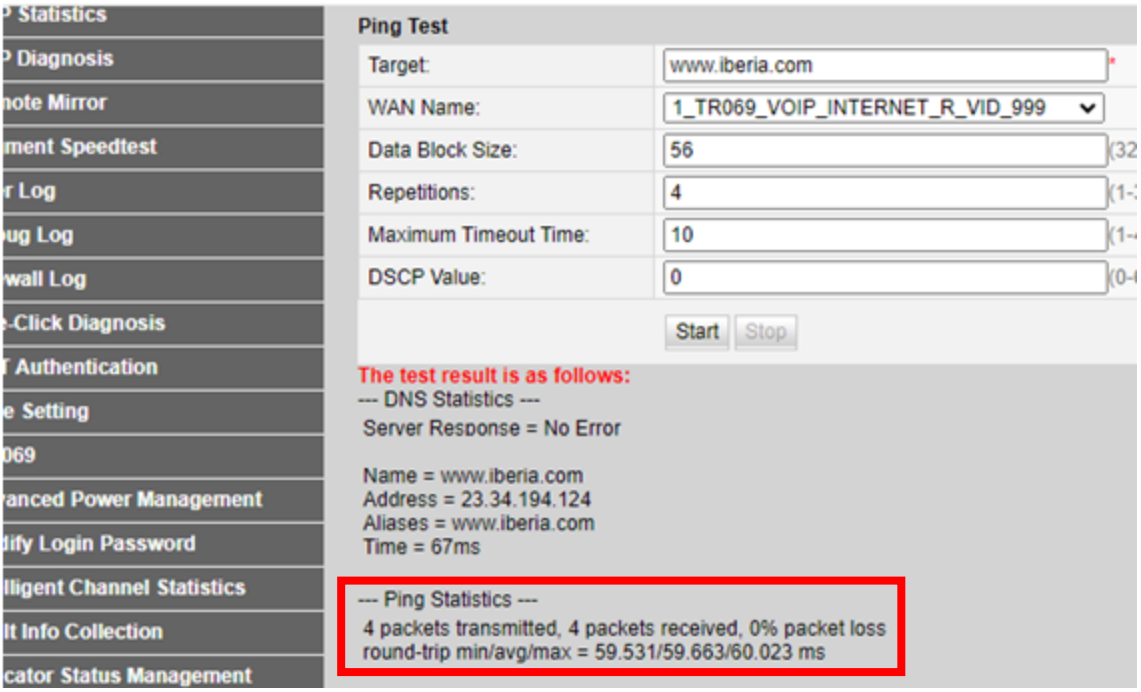
Después de la migración:

Figura 10 Respuesta de ping Caso 1



Fuente: Autor

Figura 4 Respuesta de ping Caso 2



Fuente: Autor

En las figuras 4.3. y 4.4. se observa la mejora de ping después de cambiar de una topología de anillo a una topología de estrella, debido a la conexión directa de los uplinks del OLT hacia el PE se tiene una disminución en los saltos, el aumento de la capacidad y la posible reducción de la congestión en la red. Además de ello se puede destacar los siguientes puntos que justifican la mejora de ping:

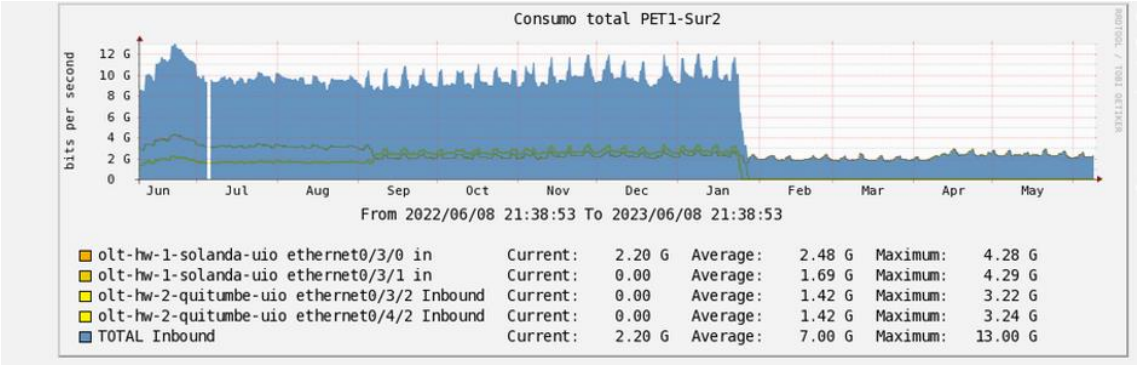
Menor distancia física: En una topología de estrella, todos los dispositivos están conectados directamente al PE. Esto puede resultar en una menor distancia física que los datos deben recorrer para llegar al servidor www.ibm.com. Con menos distancia para viajar, los tiempos de ping se reducen, lo que explica la mejora en los valores de round-trip min/avg/max.

Menor cantidad de saltos: En una topología de anillo, los datos pueden tener que pasar por varios OLTs antes de llegar a su destino. Al cambiar a una topología de estrella, la cantidad de saltos se reduce significativamente, ya que los datos solo necesitan viajar desde el dispositivo local hasta el PE y luego al servidor www.ibm.com. Menos saltos significan menor latencia y tiempos de ping más bajos.

Menor congestión: En una topología de estrella, los dispositivos individuales se conectan al PE, lo que puede reducir la congestión en la red. Si en la topología de anillo había un alto tráfico entre los dispositivos, el cambio a una topología de estrella podría haber aliviado la congestión y mejorado los tiempos de respuesta.

4.2 Mejora del consumo a nivel de uplinks

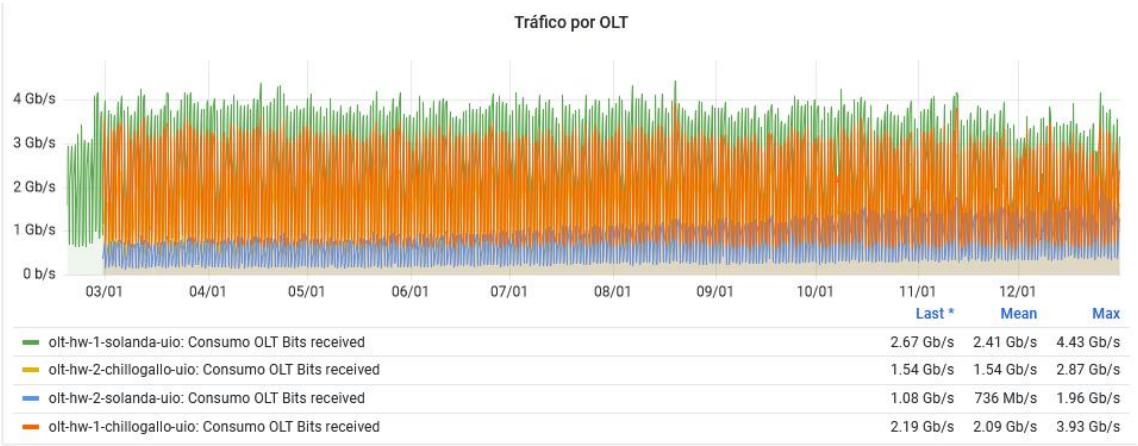
Figura 52 Gráfica de consumo en topología anillo.



Fuente: Autor

Mediante el aplicativo de monitoreo CACTI se pudo obtener el consumo de tráfico en topología anillo de hace 8 meses atrás, se denota que alcanzó un pico máximo de hasta 13 G entre Junio y Julio del 2022, luego de haber sido migrado los 6 OLTs a topología estrella bajó significativamente el consumo puesto que ahora cada conexión es directa al PE.

Figura 63 Gráfica de consumo luego de la migración.

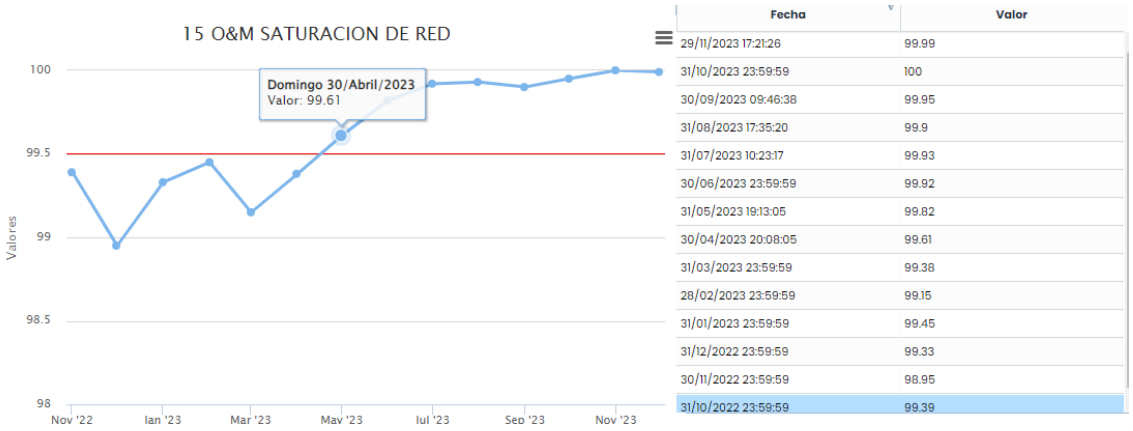


Fuente: Autor

Según lo indicado en la figura 4.6 el promedio de consumo es menor luego de la migración ya que en promedio alcanza los 2.41 GB para el OLT de Solanda que dependiendo del número de clientes registrados en cada OLT hace que este valor fluctue entre un mínimo de 7Mb/s a un valor máximo de 2.5Gb/s.

4.3 Estabilización de la saturación de la red

Figura 7 Gráfica de saturación de la red.



Fecha	Valor
29/11/2023 17:21:26	99.99
31/10/2023 23:59:59	100
30/09/2023 09:46:38	99.95
31/08/2023 17:35:20	99.9
31/07/2023 10:23:17	99.93
30/06/2023 23:59:59	99.92
31/05/2023 19:13:05	99.82
30/04/2023 20:08:05	99.61
31/03/2023 23:59:59	99.38
28/02/2023 23:59:59	99.15
31/01/2023 23:59:59	99.45
31/12/2022 23:59:59	99.33
30/11/2022 23:59:59	98.95
31/10/2022 23:59:59	99.39

Fuente: Autor

Es importante evaluar la saturación durante el funcionamiento de la red. Tras la migración exitosa a una topología estrella, destaca que, en los últimos meses, se ha mantenido un cumplimiento constante del indicador de saturación. Los uplinks no han excedido su capacidad permitida en los extremos de los anillos, evidenciando la eficacia de la nueva configuración. A mediados de abril de 2023, se observa un aumento que supera la media del 99.5%, sin generar alarmas por un alto consumo de tráfico en las salidas, lo cual es indicativo de una gestión eficiente y sostenible del rendimiento de la red.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La migración a topología estrella ha supuesto un aumento significativo en el ancho de banda disponible para los uplinks de los nodos. Este cambio no solo ha contribuido a una mayor capacidad de rendimiento, sino que también ha demostrado ser una mejora sustancial en la estabilidad de la red. La reducción significativa de problemas masivos causados por cortes de fibra se ha logrado gracias a la implementación de enlaces redundantes, fortaleciendo así la resiliencia de la infraestructura y asegurando la continuidad del servicio ofrecido
- Luego de la migración de una topología anillo a una topología estrella ha demostrado ser una mejora significativa en el rendimiento del consumo de tráfico. Evita la saturación de un único extremo en caso de un corte de fibra, ya que, durante tal incidente, el tráfico conmuta en sentido contrario al anillo. Esta adaptación reduce la probabilidad de elevación de la latencia y minimiza problemas de intermitencia durante la navegación, garantizando una experiencia más robusta y confiable para los usuarios.
- Los resultados obtenidos revelan una notable mejora en los tiempos de ping derivada de la conexión directa del OLT al PE. Esta mejora se atribuye a la reducción de saltos en la infraestructura, lo que resulta en una disminución de la congestión, menor latencia y una gestión general más eficiente de la red. Estos factores combinados han contribuido significativamente a la optimización del rendimiento de la red en términos de capacidad de respuesta y eficiencia operativa.
- Con la migración de la red a una topología estrella, es relevante destacar que, en los últimos meses, se ha mantenido un cumplimiento constante del indicador de saturación. En este período, los uplinks no han experimentado saturación, ya que se han mantenido dentro de su capacidad permitida en los extremos de los anillos. Este logro marca la efectividad de la nueva topología en la gestión y distribución eficiente del tráfico, asegurando un rendimiento óptimo y evitando situaciones de congestión que podrían afectar negativamente la calidad del servicio.

Recomendaciones:

- Dado que el presente proyecto establece un precedente para futuros trabajos en distintas provincias, se sugiere la implementación de un programa de capacitación dirigido a las cuadrillas de soporte de cada ciudad. Esto permitiría que el ingeniero a cargo de las migraciones pueda llevar a cabo sus tareas de forma remota con mayor eficacia y seguridad.
- Como medida previa, se recomienda realizar un análisis de las topologías en anillo existentes. Este análisis permitirá identificar los enlaces que necesitarán intervención durante la migración de OLTs en diferentes nodos. Se sugiere la instalación anticipada de SFPs de mayor alcance en estos enlaces para agilizar el cierre del anillo de manera eficiente y minimizar el tiempo de movilización durante la noche de trabajo planificada.
- Se sugiere pre-cargar la configuración en el nuevo equipo al realizar un cambio de modelo del OLT. Esta práctica permitirá agilizar el proceso de instalación, ya que solo será necesario rackear el equipo, esperar que el OLT cargue y conectar los uplinks. Esta medida contribuirá significativamente a la eficiencia de los trabajos durante la ventana de mantenimiento, reduciendo los tiempos adicionales que puedan surgir.

VI. BIBLIOGRAFIA

ARUNA NETWORKS (2023). ¿Qué es MPLS?. Obtenido de: https://www.arubanetworks.com/faq/what-is-mpls/

Cisco Systems. (s.f.). Network Technology Overview. Recuperado de https://www.cisco.com/c/en/us/tech/lan-switching/network-technology-white-papers-list.htm

E. Ariganello (2020). Redes Cisco Guía de estudio para la certificación. https://forum.huawei.com/enterprise/es/conociendo-la-arquitectura-b%C3%A1sica-de-una red-mpls/thread/582304-100237

Huawei (2019). Conociendo la arquitectura básica de una red MPLS. Obtenido de:
Internet Engineering Task Force. (1998). RFC 2460: Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. Recuperado de https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2460.txt

IONOS.es (2017). MPLS: estándar de transporte de datos en redes. Obtenido de: https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/mpls-que-es-el-multiprotocol-label-switching/

IONOS.es (2023). ¿Qué es el BGP (Border Gateway Protocol)? Definición y uso. Obtenido de: https://www.ionos.mx/digitalguide/servidores/know-how/bgp-border-gateway-protocol/

IPTP NETWORKS (2023). WHAT IS MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING)? Obtenido de: https://www.iptp.net/es_ES/what-is-mpls-multiprotocol-label-switching/

LACNIC (2004). La tecnología GPON. Obtenido: https://www.lacnic.net/innovaportal/file/4749/1/lacnic-34-jgc-parte1---gpon-intro-y-fundamentos.pdf

Lasso M. (2007) ENCAMINAMIENTO DINÁMICO EN INTERNET MEDIANTE BGP Y CONFIGURACIÓN DEL ACCESO A INTERNET DE UN AS CLIENTE MULTIHOMED CONECTADO A VARIOS ISPS. UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Obtenido de: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11359/fichero/BGP%252F5.+Fundamentos+de+BGP.pdf

M Namrata, DSR Shankar, SB Kandukuri (2019). Network Management Using SNMP. Obtenido de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3527474

NORMANN ENGINEERING (2019). HUAWEI MA5800 X2. Obtenido de: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/fttx_systems/huawei/EN_MA5800%20x2.pdf

SNMPtutorial,“ManageEngine”[2023]. SNMP Protocol Obtenido de: https://www.manageengine.com/networkmonitoring/what-is-snmp.html

Tanenbaum, A. S. (2011). Computer Networks. Communications of the ACM, 54(9), 78-84. DOI: 10.1145/2001269.2001289