

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DISEÑO DE LA RED XG-PON PARA LA EMPRESA SAI MYSER
TELECOM DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO DE PICHINCHA**

**AUTOR:
JAIRO ANDRES ALMACHE TAMAYO**

**TUTOR:
CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES**

Quito, agosto del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jairo Andres Almache Tamayo, con documento de identificación N° 1720445814, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO DE LA RED XG-PON PARA LA EMPRESA SAI MYSER TELECOM DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO DE PICHINCHA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jairo Andres Almache Tamayo

172044581-4

Agosto 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de Titulación DISEÑO DE LA RED XG-PON PARA LA EMPRESA SAI MYSER TELECOM DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE PICHICNCHA, realizado por Jairo Andres Almache Tamayo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Agosto 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Augusto Cuichán Morales', is written over a horizontal line.

Carlos Augusto Cuichán Morales

CI: 1714389721

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Jairo, Inés y mi hermana Mary, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias son los mejores.

Y como olvidarme de mi futura esposa Ceci y de mi hijo Jairito Jr. Que día a día son mi fuente de energía para seguir adelante, este trabajo se lo dedico con todo mi corazón.

Jairo Almache.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica que con sus conocimientos han logrado formarme académicamente a lo largo de la carrera.

Al Ingeniero Carlos Cuichán MSc. Quien es el tutor en este proyecto, nunca escatimo recursos siempre contando con su apoyo incondicional. Le guardo un gran respeto y admiración.

A Alexander Garzón Gerente de la empresa SAI Myser Telecom de la parroquia de San Antonio de Pichincha por su valioso aporte para mi investigación en beneficio de su empresa.

Muy agradecido con mis padres, mi hermana, mi equipo de 3, a mis futuros suegros y cuñados por su apoyo desinteresado, a mis compañeros dentro y fuera de las aulas, a la UPS quien ha logrado formar un profesional, buen cristiano y honrado ciudadano.

Jairo Almache

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1	13
ANTECEDENTES	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Justificación.....	13
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REAL DE SAI MYSER TELECOM.....	15
2.1. Definición de la empresa	15
2.1.1 Instalaciones de Myser Telecom.....	16
2.2. Situación Actual red de datos.....	18
2.2.1. Infraestructura del Centro de datos.....	18
2.3. Red lógica.....	20
2.3.1. Topología de la Red Externa y Extremo de Datos.....	20
2.3.2. Topología de la red interna	21
2.3.3. Topología de la Red Inalámbrica.....	21
2.3.4. Enlace Última Milla.....	22
2.4. Sistemas Operativos disponibles en la empresa	23
2.4.1. Windows	23
2.4.2. RoterOS	23
2.4.3. Seguridad de la red actual.....	24
2.5. APLICACIÓN	24
2.5.1. Software WISPHUB	24
2.6. SERVICIOS OFERTADOS	27

2.7. PARÁMETROS IMPORTANTES DE CALIDAD	29
2.7.1. Ancho de banda	29
2.7.2. Retardo o Latencia	29
2.7.3. Jiter.....	30
2.7.4. Pérdida de paquetes	31
2.8. Personal a Disposición	31
2.8.1. Gerente.....	31
2.8.2. Técnico.....	32
2.8.3. Recepcionista.....	32
2.8.4. Contadora.....	32
2.9. Requerimientos de nuevos Servicios.....	32
2.9.1. Descripción de los nuevos Servicios	32
2.9.2. Análisis de tecnologías.	33
CAPÍTULO 3.....	36
DISEÑO DE LA RED	36
3.1. DISEÑO FÍSICO.....	36
3.1.1. RED INTERNA.....	36
3.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LA RED INTERNA	40
3.1.3. RED EXTERNA.....	40
3.1.4. DISTRIBUCIÓN EXTERNA DE LA RED XGPON	43
3.1.5. TOPOLOGÍA TOTAL DE LA PROPUESTA.....	44
3.2. DISEÑO LÓGICO	45
Máscara.....	45
3.3. DISEÑO DE RED XG-PON	46
3.3.1 BALANCE ÓPTICO	51
3.3.1.1 Cálculo del Balance Óptico	54
3.3.2 SIMULACIÓN	57

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS	61
CAPÍTULO 4	62
4.1. ESTUDIO DE COSTOS	62
4.1.1. Costos de Materiales y equipos Red Interna.....	62
4.1.2. Costo de equipos en el Nodo.	63
4.2. Indicadores para la evaluación del proyecto	65
4.2.1. Flujo Projectado	66
4.2.2. VAN.....	67
4.2.3. TIR.....	68
4.3. Plan de Financiamiento	69
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	72
Referencias Bibliográficas	73
ANEXOS	76
Anexo 1 Decisión de Equipos Red Interna.....	76
Anexo 1 Decisión de Equipos Red Externa.....	78
Anexo 2 Direccionamiento Red Interna.	79

Índice de tablas

Tabla 1. Descripciones de Equipos.	18
Tabla 2. Características de WISPHUB.	24
Tabla 3. Análisis de Tecnologías.	34
Tabla 4. Especificaciones de Equipos (Anexo 1 Tabla de decisión)	37
Tabla 5. Descripción de Equipos (Anexo 1 Tabla de decisión).....	41
Tabla 6. Red Interna direcciones IP	45
Tabla 7. Parámetros pasivos y activos.	51
Tabla 8. Clases de pérdida de trayectoria óptica.....	52
Tabla 9. Parámetros de interfaz óptica en sentido descendente.	53
Tabla 10. Parámetros de la interfaz óptica en sentido ascendente	53
Tabla 11. Cálculo de la atenuación del peor escenario posible (banda 1310-1625nm).	54
Tabla 12. Cálculo de la atenuación del peor escenario posible (banda 1550nm).	54
Tabla 13. Cuadro comparativo de parámetros en análisis.....	61
Tabla 14. Recursos Red Interna.	62
Tabla 15. Costo de equipos y materiales en el Nodo	63
Tabla 16. Costo de equipos y materiales red de dispersión.	64
Tabla 17. Costo de red distributiva y feeder.	64
Tabla 18. Precio Total del Proyecto.....	65
Tabla 19. Costos Totales del Diseño.....	66
Tabla 20. Flujo de caja proyectado	66

Índice de Figuras

Figura 1. Instalaciones de Myser Telecom.	17
Figura 2. Red Externa	20
Figura 3. Red Interna de Myser Telecom.....	21
Figura 4. Infraestructura Inalámbrica de Sai Myser Telecom.....	22
Figura 5. Enlace de Última milla	23
Figura 6. Planes Hogar Myser Telecom.....	27
Figura 7. Plan Profesional Myser Telecom.....	28
Figura 8. Plan Para Negocios Myser Telecom.....	28
Figura 9. Test de velocidad Ancho de banda contratado	29
Figura 10. Medición de Latencia	30
Figura 11. Medición del Jiter.	30
Figura 12. Paquetes Perdidos en la red del cliente.....	31
Figura 13. Distribución interna en Myser Telecom	40
Figura 14. Distribución externa de la Red XGPON.....	43
Figura 15. Topología Total de la propuesta	44
Figura 16. Mapa San Antonio de Pichincha con OpenStreetMap	46
Figura 17. Archivos PNG, OSM, desde OpenStreetMap	47
Figura 18. Mapa de San Antonio de Pichincha en Matlab.....	47
Figura 19. Mapa de la parroquia de San Antonio de Pichincha en Matlab.....	48
Figura 20. Mapa de San Antonio de Pichincha con distribución de abonados, cajas NAP y pozos.	49
Figura 21. Ruta de la fibra óptica en San Antonio de Pichicha.	50
Figura 22. Propiedades ópticas G652D.....	52
Figura 23. Simulación en OptSim.....	57
Figura 24. Espectro en la transmisión de la señal óptica a 10 Gbps	58
Figura 25. Espectro de la señal en 10 Gbps.	59
Figura 26. Diagrama de ojo a 10 Gb	59
Figura 27. Niveles de Latencia para 10 Gb.....	60
Figura 28. Potencia de Recepción a 10 Gb	60

RESÚMEN

Los malestares generados en los clientes debido a la disminución de velocidad en planes contratados de internet vía inalámbrica han obligado a la empresa SAI Myser Telecom a proponer un servicio con mayor ancho de banda el cual proporcione disponibilidad en transmisión sobre datos, voz y video además de permitir el acceso a varias aplicaciones streaming. Para la propuesta de diseño y simulación se inicia con el análisis de la infraestructura ya disponible y en funcionamiento en el cual equipos y elementos van terminando su tiempo de vida útil, dicho análisis muestra las falencias que dan impulso a desempeñar una propuesta con enfoque sobre un diseño a base de fibra óptica con tecnología XGPON, que para una mejor perspectiva se establece la comunicación entre un mapa georreferenciado y el software Matlab, esta interfaz permite la visualización de abonados, cajas NAP, pozos y despliegue de fibra, dentro de la parte de simulación se hace uso del software OptSim en el cual se realiza un completo sistema óptico que despliega como resultado un BER de 5.85×10^{-11} para transmisiones de 10 GB dando a conocer que el sistema diseñado trabaja de manera óptima y en la última etapa se plantea un estudio de costos que permite conocer la viabilidad del proyecto, en cuanto el VAN arroja un valor positivo de \$ 11.766,78 y el TIR un valor de 20,53%, siendo 3 años el tiempo estimado para la recuperación de la inversión inicial.

ABSTRACT

The discomfort generated in customers due to the decrease in speed in contracted wireless internet plans have forced the company SAI Myser Telecom to propose a service with greater bandwidth which provides availability in transmission over data, voice and video in addition to allow access to various streaming applications. For the design and simulation proposal, it begins with the analysis of the infrastructure already available and in operation in which equipment and elements have finished their useful life, said analysis shows the shortcomings that give impetus to carry out a proposal with a focus on a design based on fiber optics with XGPON technology, which for a better perspective establishes communication between a georeferenced map and the Matlab software, this interface allows the visualization of subscribers, NAP boxes, wells and fiber deployment, within the part of The simulation uses the OptSim software in which a complete optical system is made that displays a BER of 5.85×10^{-11} as a result for 10 GB transmissions, making it known that the designed system works optimally and in the last stage it is proposed a cost study that allows to know the viability of the project, as the NPV shows a positive value of \$ 11,766.78 and the IRR a value of 20.53%, being 3 years is the estimated time for the recovery of the initial investment.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda del servicio de internet ha incrementado constituyéndose en la base para desempeñar actividades que hoy en día son fundamentales pues nos ayudan a resolver temas de estudios, trabajo, negocios entre otros, he ahí la importancia de contar con un servicio de internet de alta calidad con libertad de transmisión sobre datos, voz y video de forma estable y sin degradación del servicio, con acceso a varias aplicaciones disponibles en el medio.

En este contexto, la empresa SAI Myser Telecom ha visto la necesidad de ampliar su red, en virtud de la creciente necesidad de los clientes se desarrolla una propuesta de mejoramiento en cuanto a su infraestructura interna, así como el diseño de un despliegue externo a base de fibra óptica con tecnología PON. El análisis, diseño y simulación son parte de la propuesta con los cuales se obtienen parámetros como potencia de transmisión, umbral de recepción, atenuaciones, distancias, además de la correcta selección de la fibra óptica para que opere la tecnología PON con velocidad en el orden de los Gbps (Gigabit por segundo) que son su vital característica.

El uso de la tecnología XGPON (10-Gigabit passive optical networks) en el presente proyecto será una innovación que mejora notablemente el nivel de vida de los residentes en la parroquia de San Antonio de Pichincha pues tendrán acceso a un servicio eficiente, rápido y ágil con tecnología moderna garantizando la accesibilidad en todos los niveles de cobertura facilitando la comunicación e interacción entre las personas, pues el internet en estos tiempos se convierte en un servicio necesario como apoyo para el desarrollo de varias actividades, con el fin de proporcionar una total disponibilidad en la calidad del servicio y brindando una experiencia distinta a las comunes.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1.Planteamiento del problema

SAI Myser Telecom con infraestructura y localización en San Antonio de Pichincha en este momento oferta servicios a partir de tecnología inalámbrica, pero con limitaciones propias y externas lo que genera y se ve evidenciado en ocasiones el malestar de usuarios debido a la disminución de velocidad de navegación por la excesiva conexión de dispositivos dentro del hogar, así como la saturación del espectro que es ocupado ilegalmente por ISP`s no autorizados generando a los dueños de SAI Myser Telecom interferencias causando limitaciones con respecto a calidad de servicio proporcionado al usuario final. Por tal razón al no contar con una red PON y no estar a la vanguardia con las últimas tecnologías que ofrece el mercado la empresa decaerá en un número considerable de clientes, de esta manera se podrá determinar si es factible la implementación de la red con fibra óptica teniendo como beneficio el bienestar de la comunidad de la parroquia San Antonio de Pichincha.

1.2.Justificación

Al momento tanto personas, pymes y empresas corporativas demandan el uso de varios servicios y aplicaciones con transmisiones a grandes velocidades desde y hacia el Internet, es lo que incentiva al ISP SAI Myser Telecom (Proveedor De Servicios de Internet) a cumplir con las expectativas de sus clientes. El presente proyecto pretende realizar el mejoramiento del ancho de banda, la latencia y la reducción de las pérdidas de paquetes, partiendo de los beneficios que proporciona XG-PON con aplicaciones a sectores residenciales, así como el ahorro de hasta un 35% de las inversiones derivadas de infraestructura con la disminución de canalizaciones, espacios, distribuidores, mayor velocidad de transmisión con menor cantidad de materiales, contribución al ahorro energético y eliminación de puntos de fallo, siendo estos pilares fundamentales al momento de proporcionar calidad en el servicio de datos voz y video para que en el futuro la Empresa SAI Myser Telecom de San Antonio de Pichincha considere la implementación del servicio lo que permitirá ampliar su cobertura actual y el número de clientes a su red.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar la red de fibra óptica con tecnología XG-PON para el mejoramiento de los servicios de datos, video y voz en la empresa SAI Myser Telecom ubicada en la parroquia San Antonio de Pichincha.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la red que posee SAI Myser Telecom en la parroquia rural de San Antonio de Pichincha para que se conozcan las falencias de la red y las necesidades de los abonados y dueños de la empresa.
- Diseñar la red XG-PON para la empresa SAI Myser TELECOM para el mejoramiento del ancho de banda, jitter, pérdida de paquetes y latencia.
- Simular la red XG-PON para el cumplimiento de los parámetros requeridos en la capa física.
- Analizar los costos que incurrirían en la futura implementación del servicio de red con fibra óptica para un análisis de la factibilidad de implementación.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REAL DE SAI MYSER TELECOM

2.1. Definición de la empresa

“Sai Myser Telecom se encuentra ubicado en Ecuador, provincia de Pichincha, cantón Quito, en la parroquia San Antonio de Pichincha. Es una empresa unipersonal (persona natural), dedicada a la dotación de servicios y equipos para el funcionamiento de proveedores de Internet. La experiencia del ISP ha permitido dar un asesoramiento en la gestión, configuración y acceso a Internet, logrando hacer hincapié en la calidad de servicio entregada a los usuarios finales con un servicio óptimo.” (Mysertelecom, 2018)

Los servicios que ofrece la empresa son:

- Soporte técnico Outsourcing.
- Instalaciones de usuarios finales Outsourcing.
- Instalación de enlaces Punto a Punto.
- Instalación de Enlaces Punto a Multipunto.
- Configuración de servidores, control de ancho de banda, Servidores DNS, Balanceo de carga a varios proveedores, Servidor VPN, Seguridad de redes Firewall, Control parental, QoS.
- Mantenimiento preventivo de Enlaces de Comunicación.
- Instalación de Torres de Comunicación.
- Instalación de Cableado Estructurado.
- Capacitación.
- Auditoría de Redes.

“Sai Myser Telecom mantiene una relación con las empresas más reconocidas dentro del Ecuador en la provisión del servicio de Internet, dando como resultado una capacidad de instalación a Nivel Nacional, cuenta con la experiencia para proporcionar al usuario final un servicio de calidad de acuerdo a las necesidades de cada uno, aplicando configuraciones adecuadas para mantener un alto nivel de calidad de servicio con los estándares regulatorios y exigencias de Ley.” (Mysertelecom, 2018)

“En el año 2018 ARCOTEL le otorga a Myser Telecom el título habilitante de registro de servicio de acceso a Internet y Concesión de uso con explotación de frecuencias del espectro radioeléctrico con RESOLUCION: Arcotel-2018-0609. El cual permite la provisión del acceso a la red mundial Internet, por medio de plataformas y redes de acceso implementadas para tal fin.” (Mysertelecom, 2018)

En la actualidad Myser Telecom tiene un número total de 73 abonados que se encuentran distribuidos en las comunidades de Rumicucho, Caspigasi y Carcelén, sectores aledaños pertenecientes a la parroquia San Antonio de Pichincha.

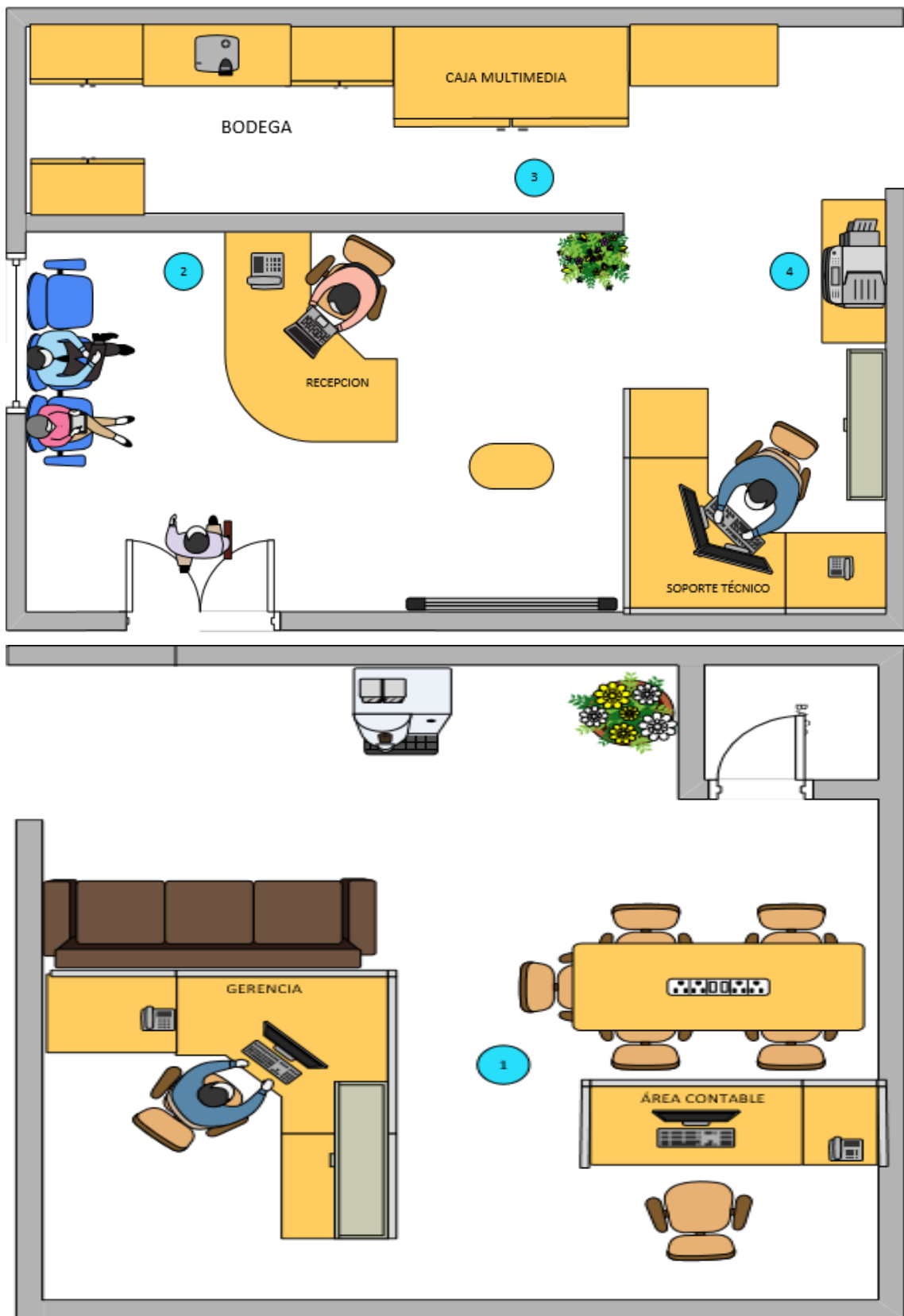
Las instalaciones donde se ubica la matriz principal de Myser Telecom son las calles Misión Geodésica E1-608 y Sheygua, lugar de operación de la empresa en la que se encuentra cada una de las áreas funcionales indispensables para ofrecer servicio y asesoramiento tanto a proveedores como a la comunidad.

2.1.1 Instalaciones de Myser Telecom

Son propiedad del Representante Legal tanto el predio como la infraestructura que se encuentra dentro de ella, en dicha oficina se localizan cada una de las áreas funcionales que posee Myser Telecom.

- 1.- Área Administrativa
- 2.- Área Informativa
- 3.- Centro de Datos
- 4.- Área de Copiado

Figura 1. Instalaciones de Myser Telecom.



Nota. El gráfico ilustra las áreas que se encuentran operativas en la empresa. (Autor: Jairo Almache)


2.2. Situación Actual red de datos.



2.2.1. Infraestructura del Centro de datos

Dentro de las instalaciones de Myser Telecom se encuentra el centro de datos, dicho centro cuenta con equipos que tienen la capacidad de permitir la operación de la red.

La infraestructura del centro de datos se encuentra desplegada entre el área de copiado y el área administrativa constando de los siguientes equipos mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Descripciones de Equipos.

<u>ITEM</u>	<u>EQUIPO</u>	<u>CARACTERISTICAS</u> <u>PRINCIPALES</u>	<u>ILUSTRACIÓN</u>
1	Router Microtik RB 2011	<ul style="list-style-type: none">✓ Arquitectura MIPSBE.✓ Dispositivo multipuerto diseñado para uso en interiores.✓ “Sistema operativo RouterOS con funciones tales como el enrutamiento dinámico, puntos de acceso, firewall, MPLS, VPN”. (Magitech, 2017)✓ “Posee 5 puertos Gigabit LAN y 5 puertos Ethernet Fast Lan, un puerto serie RJ45, 1 puerto USB, con 128 MB de RAM de 128 MB”. (Magitech, 2017)✓ Un puerto se encarga de nutrir otros dispositivos con capacidad PoE.✓ Certificaciones y	 A photograph of a black Microtik RB 2011 router. The device is a rack-mountable unit with a front panel featuring several ports and a small display area. The Microtik logo and 'routerboard' text are visible on the right side of the front panel.

		aprobaciones.	
2	Patch Panel de 8 Puertos ZR48-158/POE-8.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es un dispositivo que controla el desorden de cables. ✓ Combina una fuente de alimentación de 48V y adaptador PoE de 8 puertos. ✓ Posee una fuente de alimentación conmutada. ✓ Dispone de 8 entradas y 8 salidas RJ-45. ✓ Tiene una eficiencia de 89%. 	
3	UPS CDP 1008 8 Salidas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es el encargado de proteger contra la sobre tensión. ✓ Posee potentes controles a partir de microprocesadores para mayor confiabilidad. ✓ Posee protección con una regulación automática del voltaje para routers, módems y Pc`s. ✓ Capacidad 1000VA-410W. ✓ Posee tecnología con una línea Interactiva. 	

		✓ Soporta 5 horas de tiempo al 89% posterior a la descarga. (Magitech, 2017)	
--	--	--	--

Elaborado por: Jairo Almache.

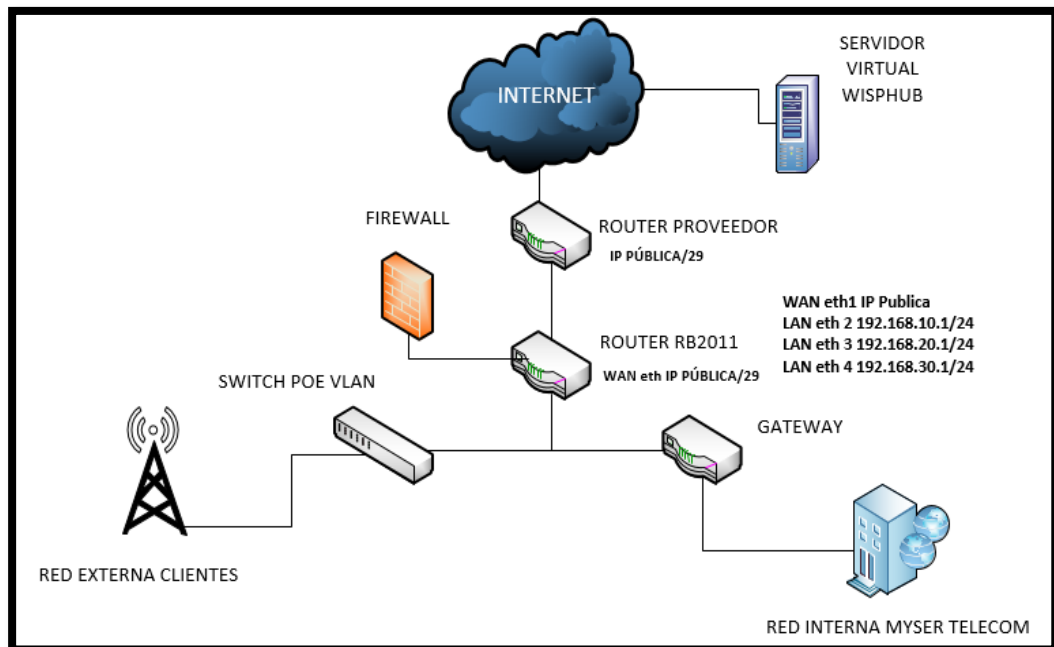
2.3. Red lógica

La empresa cuenta con una Red Bridge o Puente que trabaja en la capa dos de modelo OSI encargada del enlace de datos cuya función es conectar dos o más segmentos de la red como una sola usando un mismo protocolo de red además de permitir el paso de tramas pertenecientes a cada segmento lo que genera una mejora del rendimiento de las redes con la disminución del tráfico no útil. Para una mejor idea de la red existente se muestra las siguientes topologías con su direccionamiento. (Camberredes, 2019)

2.3.1. Topología de la Red Externa y Extremo de Datos

Una de las empresas más conocidas en proveer Internet al Ecuador es Telconet, industria que brinda sus servicios a Myser Telecom como proveedor.

Figura 2. Red Externa

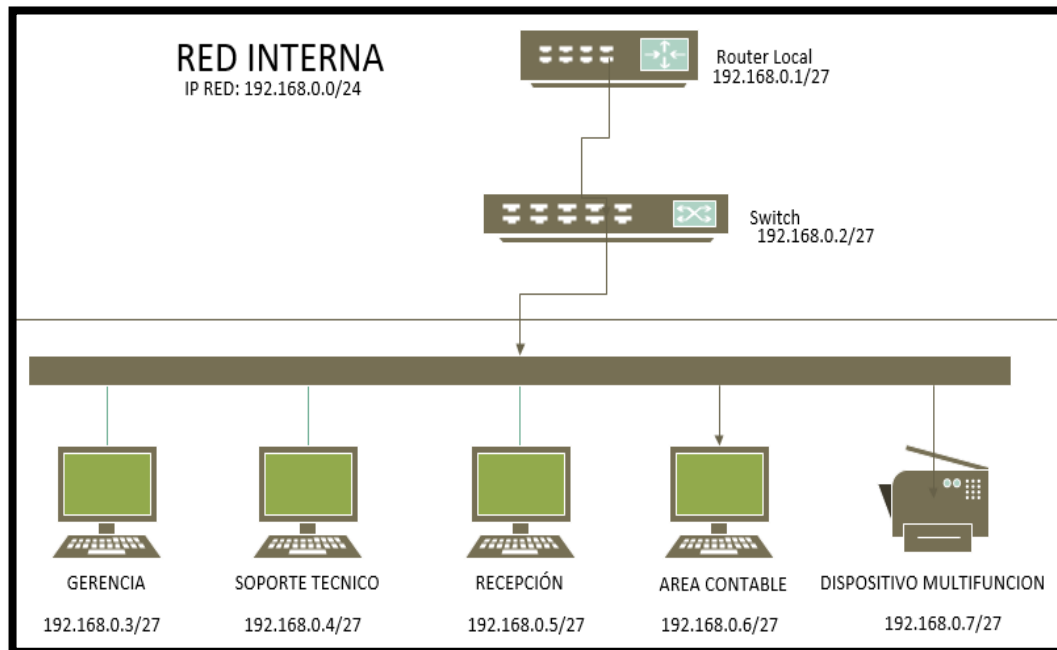


Nota. La figura muestra el diseño de red del ISP Myser Telecom. (Autor: Jairo Almache)

2.3.2. Topología de la red interna

En las oficinas de Myser Telecom se encuentra desplegada una red interna la cual permite tener conexión entre todos los espacios funcionales de la misma.

Figura 3. Red Interna de Myser Telecom

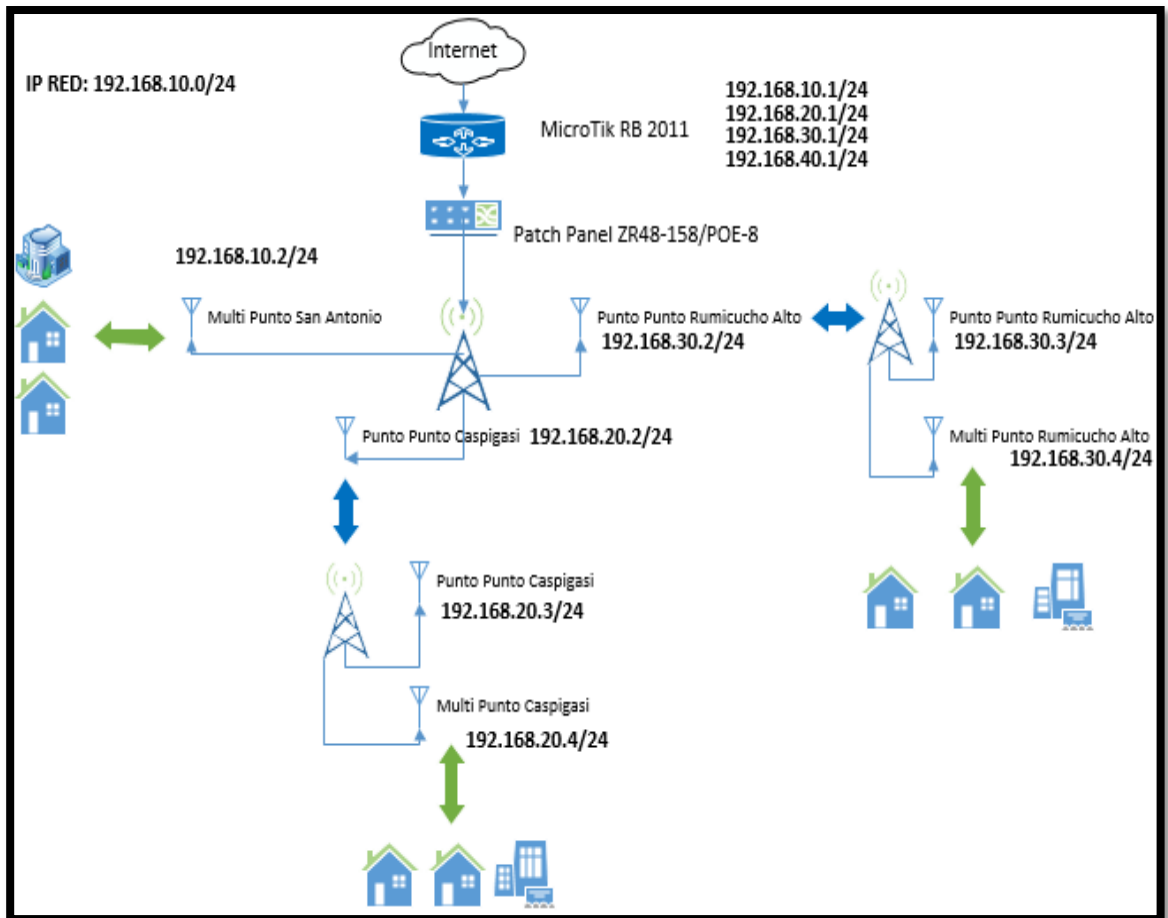


Nota. La figura muestra una ilustración de la distribución interna de la red con su respectivo direccionamiento (Autor: Jairo Almache, 2020).

2.3.3. Topología de la Red Inalámbrica

Dentro de su Infraestructura Inalámbrica Myser Telecom cuenta con tres Nodos, uno propiamente en San Antonio de Pichincha, otro en Caspigasi y un último en Rumicucho Alto, sectores aledaños a la Parroquia el cual cuenta con acceso inalámbrico a Internet para hogares y empresas.

Figura 4. Infraestructura Inalámbrica de Sai Myser Telecom

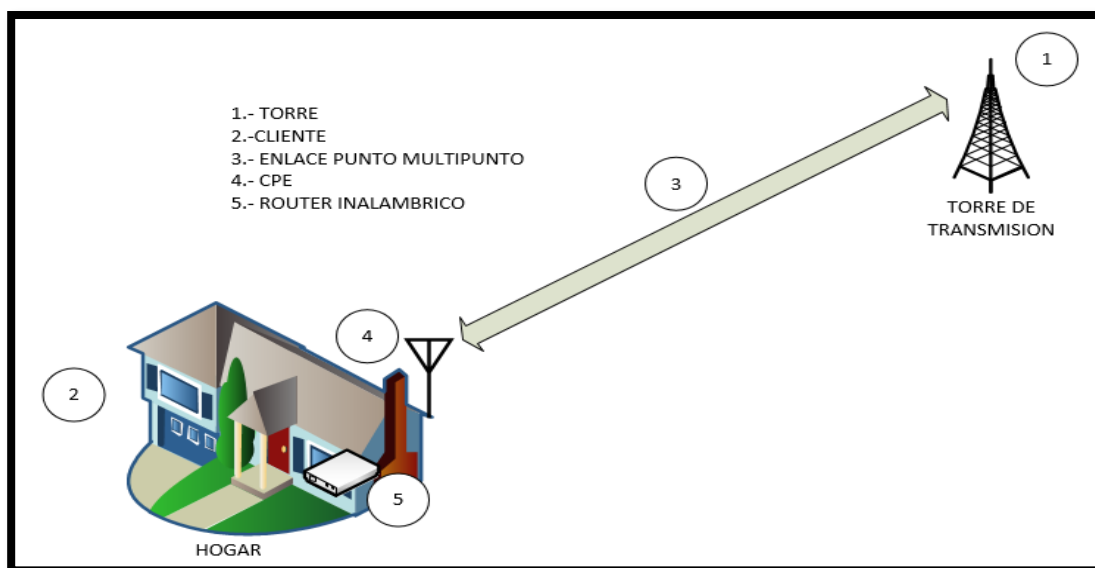


Nota. La Figura indica la distribución de cada nodo propiedad de la empresa (Autor: Jairo Almache)

2.3.4. Enlace Última Milla

El enlace de última milla se muestra en la figura 5, en la cual se emplea equipos MikroTik, RB SXT HPND 5.8 para el CPE y ROUTER-NC-LINK POE como router inalámbrico.

Figura 5. Enlace de Última milla



Nota. La imagen muestra el enlace hacia el hogar con los respectivos equipos (Autor: Jairo Almache)

2.4. Sistemas Operativos disponibles en la empresa

2.4.1. Windows

En cada área dentro de las instalaciones de Myser telecom se dispone de PC`s instaladas con Windows 10, además este sistema operativo está instalado en computadoras portátiles debido a su versatilidad y compatibilidad con equipos MikroTik en el momento de brindar soporte e instalación. (Mikrotik, 2017)

2.4.2. RoterOS

“Mikrotik RouterOS es un software que funciona como un Sistema Operativo para convertir un PC o una placa Mikotik RouterBOARD en un router dedicado.” (Mikrotik, 2019)

“La ventaja fundamental que ofrece Mikrotik es que va a funcionar exactamente igual que un router propietario, pero a un costo significativamente inferior.” (Mikrotik, 2019)

“Además, es un software que ofrece gran flexibilidad para su configuración, con amplias posibilidades de actualización”. (Mikrotik, 2019)

2.4.3. Seguridad de la red actual

En el backbone se tiene implementado varios equipos donde se encuentra el Router RB2011 el cual cuenta con la configuración de un firewall para la denegación de ataques de DOS, ingreso no autorizado, prevención de ataques a la red y a la LAN que va hacia los clientes además de la suplantación de identidad.

2.5. APLICACIÓN

El aplicativo más importante empleado en Myser Telecom a disposición es:



2.5.1. Software WISPHUB

“Es un sistema de administración para WISP e ISP basado en la nube, que no requiere comprar hardware adicional. WISPHUB se integra a la red de forma transparente por medio de la API de MicroTik.” (Wisphub, 2018)








“Puede administrar altas, bajas de clientes. Suspender clientes por falta de pago. Área para finanzas y soporte técnico. Cortes y facturación automática”. (Wisphub, 2018)

“Dentro de las características de WISPHUB se encuentran.” (Wisphub, 2018)

Tabla 2. Características de WISPHUB.

<u>SÍMBOLO</u>	<u>CARACTERÍSTICAS</u>
 Cero Instalación	“Al tener su cuenta con nosotros, no necesita comprar y configurar un servidor. En menos de 5 minutos tiene funcionando su sistema.” (Wisphub, 2018)
 Soporte para:	“Simple Queues, PCQ, Hotspot, PPPoE DHCP Leases, Amarre IP/Mac e IP Bindings.” (Wisphub, 2018)

 <p>Cortes automáticos</p>	<p>“Puede configurar las fechas de corte, para suspender a un cliente.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Aviso en Pantalla</p>	<p>“Se envían automáticamente avisos de pago en Pantalla mostrando el total a pagar. Puede reenviar avisos de pago, mantenimiento o avisos personalizados.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Historial de trafico</p>	<p>“Puede ver el consumo en tiempo real, por semana, año de cada cliente.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Pasarelas de Pago</p>	<p>“WisHub procesa pagos de OxxoPay, PayPal, MercadoPago y Payu, registra los pagos y activa el servicio automáticamente.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Generador de Fichas HotSpot</p>	<p>“Crear usuarios de prepago por tiempo(Horas, Días, Semanas) o por tráfico (100 MB, 1 GB).” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Facturación automática</p>	<p>“Puede configurar el día que se generan las facturas.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Mensajes de Texto</p>	<p>“WisHub envía notificación de pago cuando se genera una factura. Puede enviar SMS de forma masiva seleccionando los clientes, con un mensaje personalizado.” (Wisphub, 2018)</p>

 <p>Importar Clientes</p>	<p>“Puede agregar clientes de manera fácil, desde el listado routers. Importador de simple queues, PPPoE, Addresslist.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Agendar Instalaciones</p>	<p>“Mantener un orden, sobre las instalaciones asignadas por técnico. De igual forma puede imprimir su hoja de instalación.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Portal del cliente</p>	<p>“Sus clientes pueden revisar el historial de pagos y solicitar soporte técnico. Con aviso de pago o corte wisphub automáticamente loguea al cliente a su cuenta (no requiere contraseña).” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Soporte Técnico</p>	<p>“Puede configurar el día que se generan las facturas.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Nivel de usuarios</p>	<p>“Puede agregar usuarios de tipo Administrador, técnico, finanzas y ventas.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Firewall</p>	<p>“Puede bloquear paginas por IP o Dominio por medio de AddressList o Layer 7.” (Wisphub, 2018)</p>
 <p>Geolocalización</p>	<p>“Puede ubicar sus clientes, sectoriales, routeres en Google Maps. Además puede trazar ruta o calcular distancia hacia sus Acccest Point.” (Wisphub, 2018)</p>

Fuente: (Wisphub, 2018)

Elaborado por: Jairo Almache.

2.6. SERVICIOS OFERTADOS

Dentro de los servicios que se están ofertando se encuentra el plan hogar ajustado a las necesidades del cliente con compartición de 8 a 1.

Figura 6. Planes Hogar Myser Telecom

PLAN HOGAR		
<p>Plan Inalámbrico Casa 3 megas 8:1</p> <p>\$ 20 Mensuales incluido IVA</p> <ul style="list-style-type: none">✔ Compartición 8 a 1✔ Servicio Simétrico 3 mbps bajada 3mbps subida✔ Servicio Ilimitado	<p>Plan Inalámbrico Casa 5 megas 8:1</p> <p>\$ 25 Mensuales incluido IVA</p> <ul style="list-style-type: none">✔ Compartición 8 a 1✔ Servicio Simétrico 5 mbps bajada 5mbps subida✔ Servicio Ilimitado	<p>Plan Inalámbrico Casa 8 megas 8:1</p> <p>\$ 30 Mensuales incluido IVA</p> <ul style="list-style-type: none">✔ Compartición 8 a 1✔ Servicio Simétrico 8 mbps bajada 8 mbps subida✔ Servicio Ilimitado

Nota. La imagen muestra los planes que proporciona Myser Telecom (Mysertelecom, 2018)

Por otra parte, se dispone de planes profesionales ajustado a las necesidades del cliente con compartición de 4 a 1. Este plan es diseñado para clientes que necesitan de mayor exigencia.

Figura 7. Plan Profesional Myser Telecom



Nota: La figura muestra los planes profesionales que ofrece la empresa (Mysertelecom, 2018)

Mientras que el plan para negocios es destinado a Cybers, Pymes y pequeños negocios que requieren una mejor garantía de ancho de banda con una compartición de 2 a 1.

Figura 8. Plan Para Negocios Myser Telecom



Nota. La figura indica el plan negocios que oferta la empresa (Mysertelecom, 2018)

2.7. PARÁMETROS IMPORTANTES DE CALIDAD

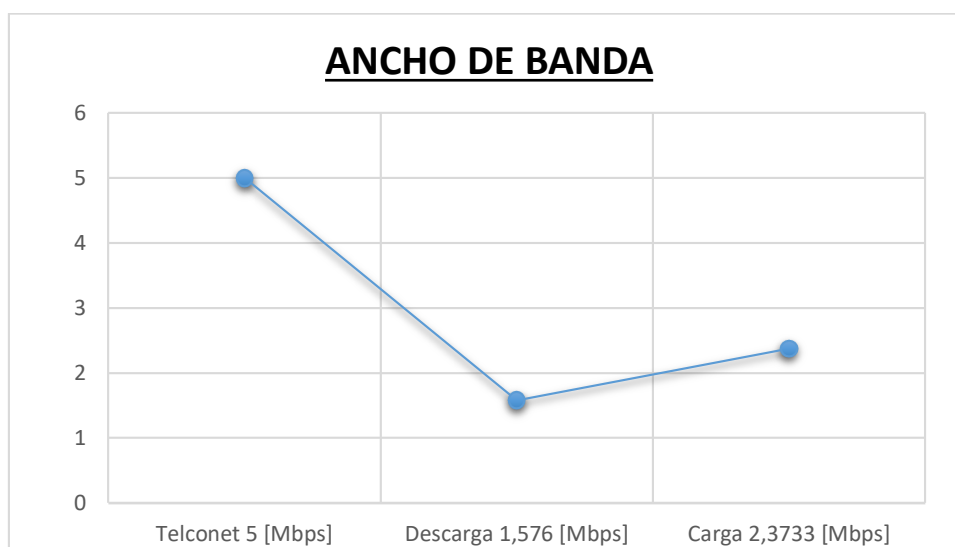
Los Parámetros que se toman en cuenta para análisis de las falencias de la red actual son los detallados a continuación.

2.7.1. Ancho de banda

“Es un parámetro que se toma en cuenta para saber la cantidad de información que se traslada por la red en un periodo de tiempo.” (Aguirre, 2017, pág. 34)

El proveedor Telconet proporciona conexión a Myser Telecom a través de fibra óptica.

Figura 9. Test de velocidad Ancho de banda contratado

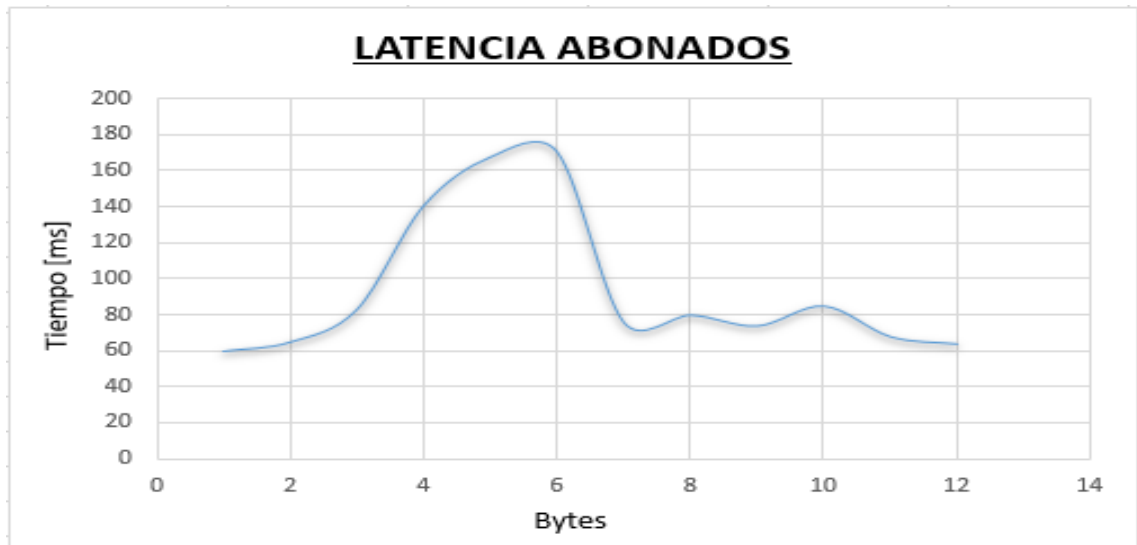


Nota. La figura muestra la velocidad de descarga de 1,576 Mbps y de subida 2,373 Mbps donde la descarga es mínima con respecto a la subida siendo una razón para que la red tenga un mal funcionamiento. (Autor: Jairo Almache)

2.7.2. Retardo o Latencia

“Es el tiempo que se demora los paquetes IP en llegar desde el servidor virtual hasta la PC, un retardo se produce por la demora de propagación y transmisión de paquetes dentro de la red, se mide en [ms].” (Aguirre, 2017, pág. 35)

Figura 10. Medición de Latencia

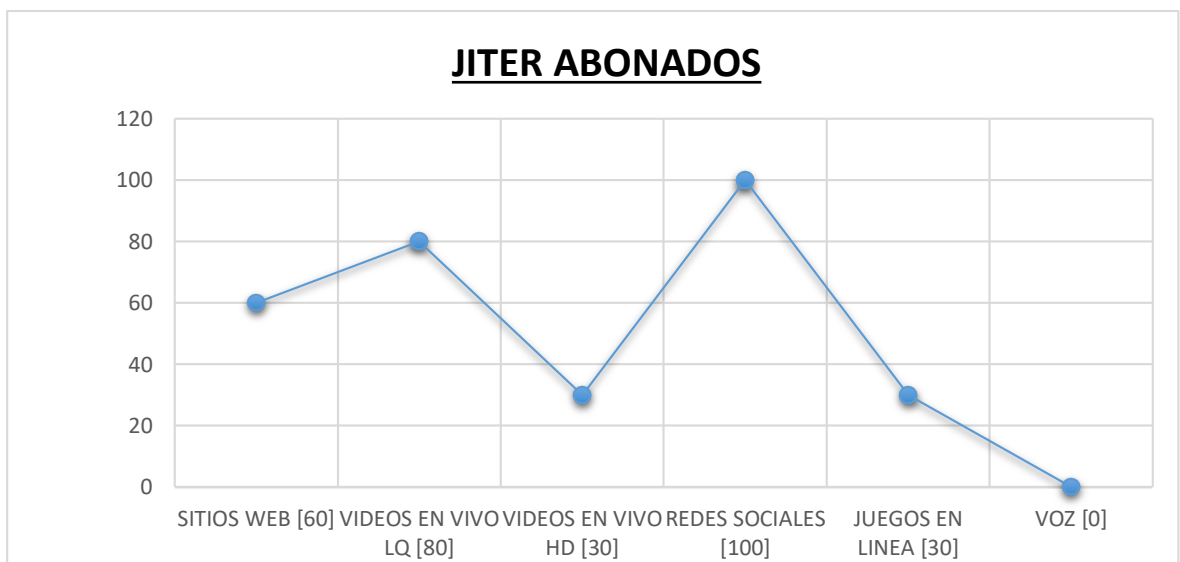


Nota. La figura muestra a continuación un análisis de retardo tomando muestras de diferentes. (Autor: Jairo Almache)

2.7.3. Jiter

“Variación de retardo entre paquetes de una misma comunicación, se mide en [milisegundos ms].” (Molina, 2011)

Figura 11. Medición del Jiter.



Nota. Esta medición toma en cuenta los servicios más utilizados en los hogares de los clientes. (Autor: Jairo Almache)

2.7.4. Pérdida de paquetes

“Es una cantidad de paquetes fallados antes de llegar a su destino final, se lo mide en Porcentaje [%].” (Vallejo, 2016)

Figura 12. Paquetes Perdidos en la red del cliente



Nota. “Para estos datos se toma una media de la pérdida de paquetes por aplicaciones, donde se puede observar los datos en esta figura.” (Vallejo, 2016)

2.8. Personal a Disposición

2.8.1. Gerente

Propietario y Representante Legal de Myser Telecom a cargo de la dirección y administración de la empresa siempre al pendiente de estar a la vanguardia en temas relacionados con la tecnología buscando el cumplimiento de su misión y visión además de ser el encargado de destinar tareas al personal para que dichos empleados se desenvuelvan de la mejor manera en su área de trabajo estableciendo orden y productividad en beneficio de la empresa que representa.

2.8.2. Técnico

Es la persona responsable de proporcionar mantenimiento al centro de datos tanto del hardware como del software o cualquier otro dispositivo electrónico, además de dar soporte técnico a los equipos de la empresa, siendo el encargado de la instalación y configuración de equipos para que los clientes dispongan de conexión a internet en sus hogares y oficinas.

2.8.3. Recepcionista

Es la persona que se encarga de recibir llamadas, correos electrónicos y destinarlos al área que corresponda además de proporcionar información a los clientes sobre temas referentes a los servicios que oferta la empresa además de realizar pagos a proveedores y cobros a clientes.

2.8.4. Contadora

Es una persona externa a la empresa que ofrece sus servicios profesionales que se encarga de las declaraciones al Servicio de Rentas Internas, así como ser quien lleve el estado financiero de Myser Telecom.

2.9. Requerimientos de nuevos Servicios

2.9.1. Descripción de los nuevos Servicios

Los servicios que se pretenden en un futuro tener en cuenta para el mejoramiento del ya existente serán enfocados en impulsar de mejor manera los planes como:

- Plan Hogar
- Plan Pymes
- Plan Profesional
- Plan Corporativo.

Dentro de la mejora de los nuevos servicios de internet para cada uno de los planes se tendrá a disposición.

- Mayor velocidad con una nueva tecnología.
- Velocidad simétrica tanto en la carga como en la descarga.
- Disminución en la compartición de los planes que se pretende potenciar.
- Inclusión de equipos con capacidad de acceso WIFI para que varios dispositivos puedan navegar sin contratiempos dentro de la red.
- Proporcionar servicios ilimitados libre de descargas.
- Alta disponibilidad del servicio.
- Creación de tarifas accesibles a los clientes con la finalidad de disponer de una amplia cantidad de abonados.
- Soporte técnico de 6am-11pm.

2.9.2. Análisis de tecnologías.

Dentro de las tecnologías empleadas actualmente para mejora de los servicios de telecomunicaciones (internet) se encuentra la Tecnología PON de fibra óptica.

Para el presente trabajo se compara el estándar XG-PON debido a que es una tecnología que tiene como propiedades más importantes, su mayor velocidad y disminución en la compartición, con el estándar GPON que es un estándar similar que se encuentra desplegado por varios ISP en diferentes sectores de la parroquia

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre las dos tecnologías que son usadas por pequeñas y grandes empresas para proveer de conexión a internet.

Tabla 3. Análisis de Tecnologías.

		XGPON	GPON
Estándar		ITU-T G.987	ITU-T G.984
Capa MAC	Servicios	Ethernet, gigabit Ethernet, TDM, POTS, VoIP, IPTV, TV DIGITAL	Ethernet, gigabit Ethernet, TDM, POTS, VoIP, IPTV, TV DIGITAL
	Tramas	Trama del método de encapsulado 10 GPON (XGEM)	Trama del método de encapsulado GPON(GEM)
Capa Física	Alcance	Mínimo 20 km a nivel físico; Mínimo 60 km a nivel lógico; Máximo 40 km diferenciales	Máximo 20 km a nivel físico; Máximo 60 km a nivel lógico.
	Relación de Splitter	1:64 1:128 a 1:256 a nivel lógico	1:64 Hasta 1:128 a nivel lógico
	Velocidad de Transmisión	Upstream: 2,5/10 Gbps	Upstream: 1,2 Gbps
		Downstream: 10 Gbps	Downstream: 2,4 Gbps
	Longitud de onda	Upstream: 1260 nm/1280 nm	Upstream:1260 nm/1360 nm
		Downstream: 1575 nm/1580 nm	Downstream: 1480 nm/1500 nm
FEC	Obligatorio	Opcional	

Fuente: (Sánchez Ortega, 2018, pág. 48)

“Una vez realizada la comparación de las tecnologías para este proyecto se emplea la tecnología XGPON en virtud de sus mejores prestaciones en lo referente al alcance, velocidad y compartición.” (Sánchez Ortega, 2018)

“Dentro del análisis de XG-PON se conoce las siguientes características y mecanismos.” (Sánchez Ortega, 2018)

- En la dirección Upstream TDMA(Acceso múltiple por división de tiempo).
- Dirección Downstream TDM.
- (DBA) Establecimiento dinámico de ancho de banda.
- Servicio de calidad y de tráfico.
- Control remoto ONU por interfaz de servicio y monitoreo de la ONT cuyo método ese define en la ITU-T G.988.
- XG-PON soporta la condición de transmisión simétrico y asimétrico.
- Contiene una compartición desde 1:32 (con nivel lógico de 1:128 a 1:256).
- “La corrección de errores (*Forward Error Correction, FEC*) es obligatorio para todos los canales de transmisión ascendentes y descendentes en la tecnología XG-PON.” (Sánchez Ortega, 2018)
- “El sistema XG-PON emplea componentes de seguridad superiores con opciones de ahorro de energía mejoradas.” (Sánchez Ortega, 2018)
- El sistema XGPON emplea opciones de sincronización que facilitan el acceso a aplicaciones de backhaul.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED

3.1. DISEÑO FÍSICO

Para plantear un nuevo diseño se acogen los requerimientos mencionados en el capítulo anterior con el uso de la tecnología XGPON.

3.1.1. RED INTERNA




Dentro de la red interna que se encarga de la conexión, las modificaciones que se tienen en cuenta son necesarias con respecto al estado actual, en virtud se tendrá un mejor manejo y disponibilidad para los clientes.




Los cambios que se proponen dentro de la red interna de Myser Telecom inicialmente es la colocación de un Rack Principal para reemplazar la caja multimedia que se encuentra en operación, además existirá una mejora del cableado estructurado, puntos de distribución para cada una de las áreas funcionales y finalmente se plantea la colocación de un punto de acceso inalámbrico para personal de la empresa y otro punto de acceso con hotspot destinado a los clientes que visitan las instalaciones para que dispongan de acceso a Internet mientras sus requerimientos son atendidos.





Los equipos que se pretenden instaurar para establecer las mejoras se muestran en la Tabla 4. El detalle de la selección de los mismos se muestra en el anexo 1.


Con estos equipos y materiales se pretende la mejora de la red interna en lo que respecta a localización y capacidad de equipos, distribución en áreas funcionales, ubicación adecuada del cableado y disponibilidad del servicio.

Tabla 4. Especificaciones de Equipos (Anexo 1 Tabla de decisión)

ITEM	NOMBRE	CARACTERISTICAS	ILUSTRACIÓN
1	Gabinete de piso SKD-32U-W600mm D800mm negro.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rejilla superior ventilada que incluye 4 ventiladores. ▪ Grado de protección IP20 ▪ Altura externa 60.89in. ▪ Ancho externo: 23,62 pulgadas. ▪ Profundidad externa 31,50in. (Nexxtsolutions, 2018) 	
2	MikroTik RB4011iGS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitectura ARM 32bit. ▪ Sistema Operativo RouterOS L5. ▪ Wireless incorporado con estándares 802.11b/g/n. ▪ 1 GB RAM. ▪ Frecuencia Nominal del CPU: 1.4GHz. ▪ 10 puertos ethernet. ▪ Puerto serial RJ-45. (EBAY, 2017) 	
3	Switch de 24 puertos TL-SG1024	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puertos tipo RJ-45 10/100/1000 Mbps. ▪ Capacidad Switcheo 48Gbps. ▪ Calidad Servicio 802.1p/DSCP. ▪ Estadares y protocolos IEEE 802.3i, IEEE 802.3u. (TpLink, 2016) 	

4	Panel de conexión para montaje en rack Cat6 - 24 puertos Nexxt.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puertos 24 de CAT6 con jacks incorporados. ▪ Velocidad de 1Gbps. ▪ 250Mhz de ancho de banda. ▪ Cumple con normas para cableado EIA/TIA 568A, 568B. ▪ Certificados ISO/IEC 11801, UL, ETL ANSI/TIA/EIA-568-C.2. (Nexxtsolutions, 2018) 	
5	Cdp Upr-s2008 De 2000va 1400w 8 Tomas 120v	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad 2000VA/1400W ▪ Pantalla LCD ▪ Tipo de Salida AC con 8 tomas. ▪ Tiempo de Respaldo 60 minutos (1 HORA) ▪ Protección de Corto Circuito. ▪ Protección línea de datos RJ11 / RJ45 ▪ Capaz de soportar SO Windows 7/8/Vista/xp/2000/NT (EBAY, 2017) 	
6	AP4050DE-M Access Point	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soporta más de 250 usuarios. ▪ Frecuencia de operación 2.4Ghz y 5Ghz. ▪ Conexión inalámbrica hasta 120m. ▪ Funciona en lugares remotos. (TpLink, 2016) 	

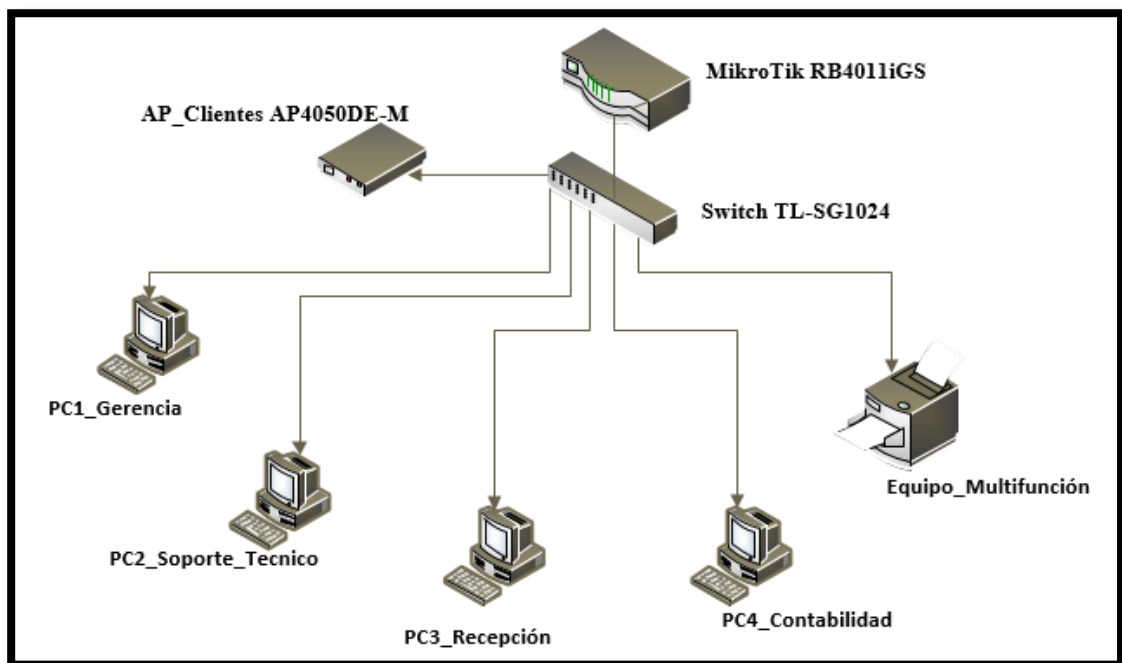
7	Cable UTP Cat 6A Anera AE- UTP6A58- CU1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductor de material 100% cobre apto para aprobar cualquier certificación. ▪ Par trenzado, 4 Pares. ▪ Cable con standard ANSI/TIA-568-C.2 ▪ Velocidad de transferencia de hasta 10 Gbit/s (10GBASE-T). ▪ Ideal para cableado estructurado, redes de computadoras, telefonía, video. (ANERA, 2016) 	
8	Conector RJ-45	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conector RJ-45. (Tecnimikro, 2015) 	
9	Capuchones Boot para Conectores RJ45, CAT6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protección del conector RJ-45. ▪ Protege la manipulación constante. ▪ Conclusión de instalaciones. (Tecnimikro, 2015) 	
10	Canaleta doble.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Canaleta Blanca 40x17mm. (Todoelectrico, 2016) 	

11	Tomacorriente Doble y punto de Red.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cajetín rectangular sobrepuesto para jacks RJ-45. ▪ Tomacorrientes normales y desde UPS. (Innovative, 2015) 	
----	--	--	---

Elaborado por: El Autor.

3.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LA RED INTERNA

Figura 13. Distribución interna en Myser Telecom




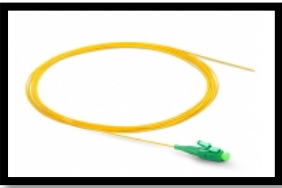
Nota. En la figura muestra la propuesta de distribución al interior de las inmediaciones de la empresa Myser Telecom. (Autor: Jairo Almache)

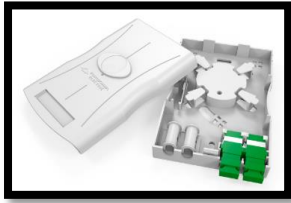

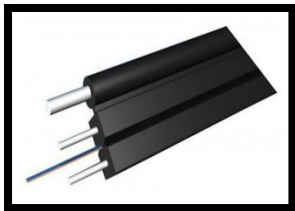
3.1.3. RED EXTERNA


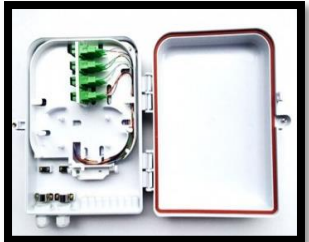

Los cambios que se proponen para estructurar una mejora de la red externa se basan en las normas establecidas por la tecnología XGPON, en función tanto del alcance, velocidad y compartición, además de ofrecer calidad de servicio al extremo empresarial con un enlace de fibra óptica dedicado.

Por otra parte, lo que se pretende mejorar son los planes ya existentes con el fin de ofertar velocidades superiores a los 2,5 Gbps. El detalle de la selección de equipos se observa en el anexo 1, y los detalles en la siguiente en la tabla 5:

Tabla 5. Descripción de Equipos (Anexo 1 Tabla de decisión)

ITEM	NOMBRE	CARACTERISTICAS	ILUSTRACIÓN
1	<p align="center">OLT Smart AXEA5800- X7</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El dispositivo presenta una arquitectura para servicios de banda ancha, inalámbricos, de vídeo y de vigilancia. ▪ Proporciona acceso GPON, XG-PON, XGS-PON, GE y 10GE ▪ Ancho de banda máximo por ranura de servicio 100 Gbits/s. ▪ Cantidad máxima de usuarios simultáneos de video 4K, 8000 (HUAWEL, 2019) 	
2	<p align="center">Pigtail</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los pigtails de fibra óptica proporcionan una forma rápida de crear dispositivos de comunicación. Están diseñados y probados con estándares industriales además de ser utilizados para la conexión desde la caja NAP hacia la roseta óptica. (FSProducts, 2019) 	
3	<p align="center">Roseta Óptica</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opera como punto de límite de la red óptica ocupando conexión continua o fusión en una amplificación pre- 	

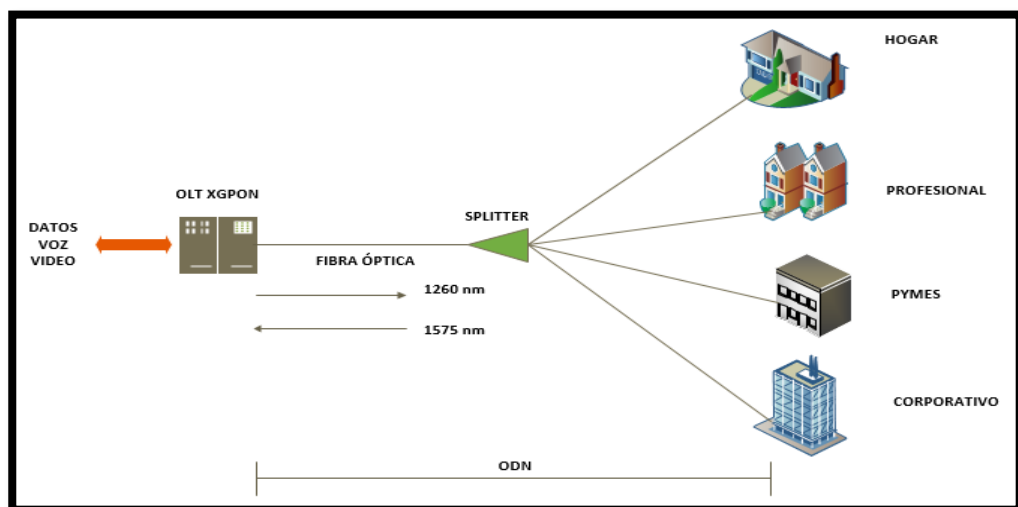
		<p>conectada (pigtail).</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicación en redes FTTH. (Furukawalatam, 2018) 	
4	<p>Router Echolife EG8245Q</p>	<ul style="list-style-type: none"> EchoLife EG8245Q es un dispositivo óptico (ONT) inteligente tipo routing para uso FTTH con aplicación en pared. EG8245Q dispone de capacidades de reenvío con rendimiento garantizando una experiencia única con servicios de Internet de alta calidad. (HUAWEI, 2019) 	
5	<p>Cable Tipo Drop Aéreo (1/2 Hilos) 2x5mm. (HOMOLO GADO CNT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Idóneo para infraestructura aéreas. Fibra mono modo G.652D, G657A1. Barras FRP-ARP como material resistente. Pelado sin problemas de cable. Pérdidas mínimas. <p>(Optytech, Optytech, 2017)</p>	
6	<p>Manga de empalme de Fibra Óptica GJS03/M8A X-JX/144D (HOMOLO GADA CNT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Es de tipo domo con estampas mecánicas. Tiene 1 puerto oval y 4 puertos esféricos. Resistente a corrosión con reducción de envejecimiento, con protección UV. 	

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicaciones canalizadas aéreamente. ▪ Contiene hilos de: 12, 24, 48, 96, 144. <p>(Optytech, 2019)</p>	
7	Caja Terminal de 32 puertos Modelo: JFOPP - PDB0216	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Material de alto impacto y plástico. ▪ Alberga splitters PLC de 1x16 y 1x32. ▪ Resistente a los rayos UV, lluvia, ambiente salinos y ácidos. ▪ Para montaje en poste y pared. ▪ Uso en redes FTTX, CATV, LAN. <p>(Optytech, 2019)</p>	
8	Splitter 1x32 con conector SC/APC	<ul style="list-style-type: none"> • (optytech, 2018) 	

Elaborado por: El Autor

3.1.4. DISTRIBUCIÓN EXTERNA DE LA RED XGPON

Figura 14. Distribución externa de la Red XGPON

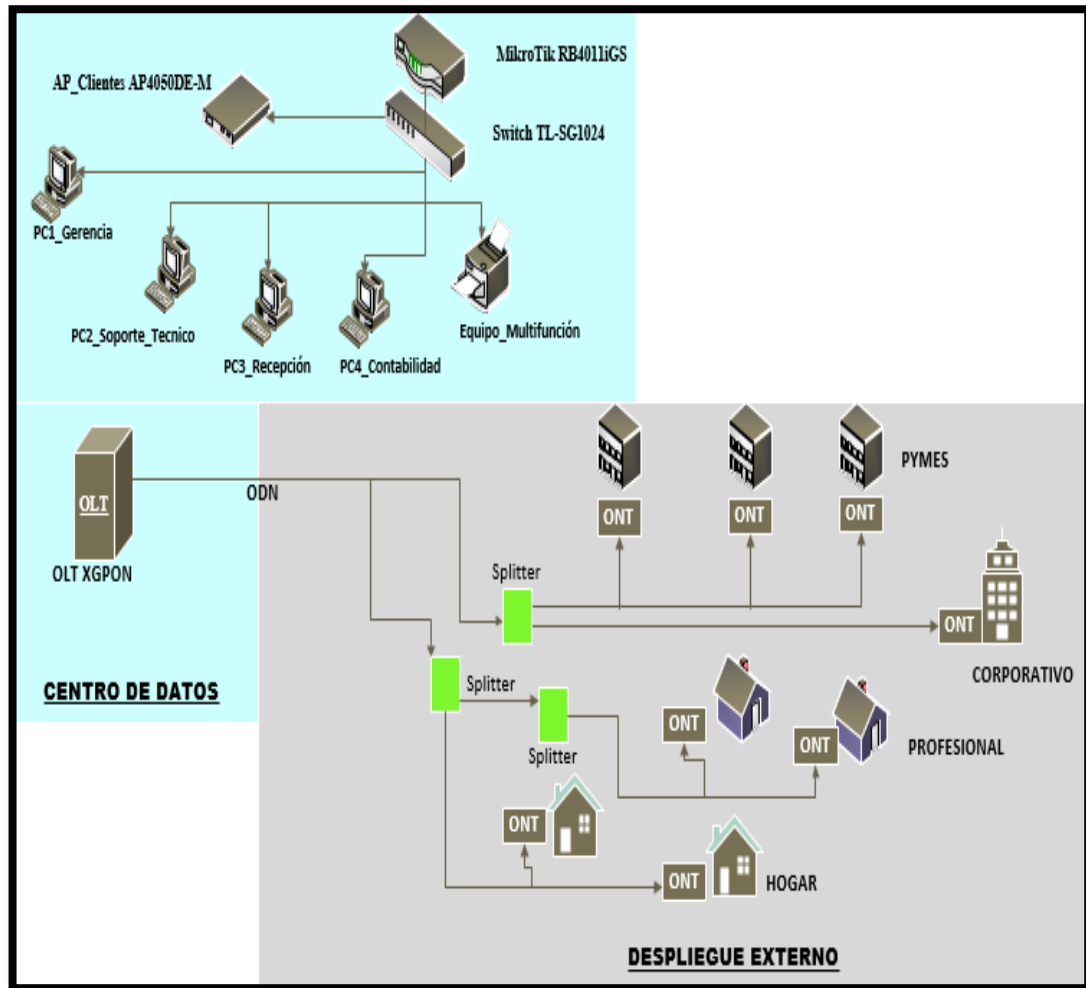


Nota. La figura indica la propuesta de distribución de la red XGPON (Autor: Jairo Almache)

3.1.5. TOPOLOGÍA TOTAL DE LA PROPUESTA

Se proporciona la topología por separado del diseño que se propone, partiendo desde la restructuración Interna de Sai Myser Telecom para después establecer un despliegue de Red con tecnología XGPON.

Figura 15. Topología Total de la propuesta



Nota. La figura muestra la topología propuesta para el proyecto con diseño de tecnología XG-PON.
(Autor: Jairo Almache)

3.2. DISEÑO LÓGICO

Para la propuesta correspondiente al diseño lógico se parte de la red Interna donde se muestra lo siguiente.

Del nodo principal se realiza la conexión del Router RB4011Igs de MikroTik hacia el Switch de 24 puertos TL-SG1024, logrando que una red Pública se convierta en Red Privada para redes de área local. Las direcciones de la red interna serán asignadas de forma estática para las PC`s de cada área, así como también para los puntos de acceso inalámbricos.

Tabla 6. Red Interna direcciones IP

<u>DETALLE</u>	<u>DISTRIBUCIÓN IP</u>
Dirección de red	192.168.0.0
Máscara	255.255.255.0
Gateway Predeterminado	192.168.0.1
Servidor Preferido DNS	10.10.10.11
Servidor alternativo DNS	8.8.8.8

Elaborado por: El Autor.

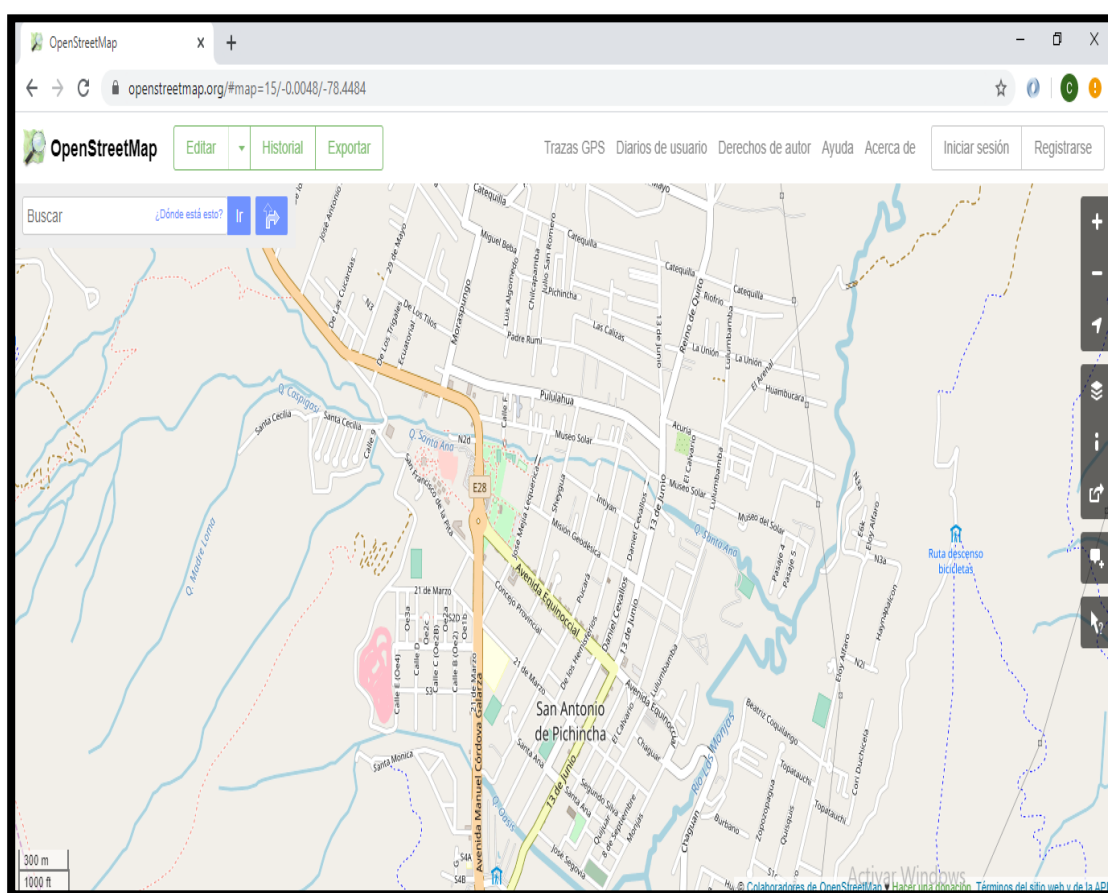
La tabla 6 muestra como está distribuida la red Interna de la empresa, las direcciones completas se pueden observar en el Anexo 2, Direccionamiento Red Interna, se reserva 3 IP para cubrir un futuro aumento de equipos dentro de la Red.

3.3. DISEÑO DE RED XG-PON

La propuesta de diseño para la red XG-PON en San Antonio de Pichincha, parroquia perteneciente a la ciudad de Quito se empleará varios softwares en los cuales se verá información importante sobre parámetros por mejorar y comportamiento de la red.

Se inicia el diseño donde se muestra una gran parte de superficie de la parroquia en la que se encuentran abonados hogar, pymes, profesionales y corporativos.

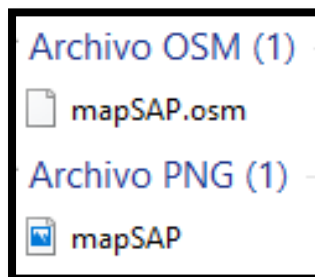
Figura 16. Mapa San Antonio de Pichincha con OpenStreetMap



Nota. La figura muestra un mapa de la superficie de la parroquia los cuales se toma desde OpenStreetMap ambiente de Google Maps. (Autor: Jairo Almache)

Una vez delimitada el área a emplearse se procede a exportar el mapa.

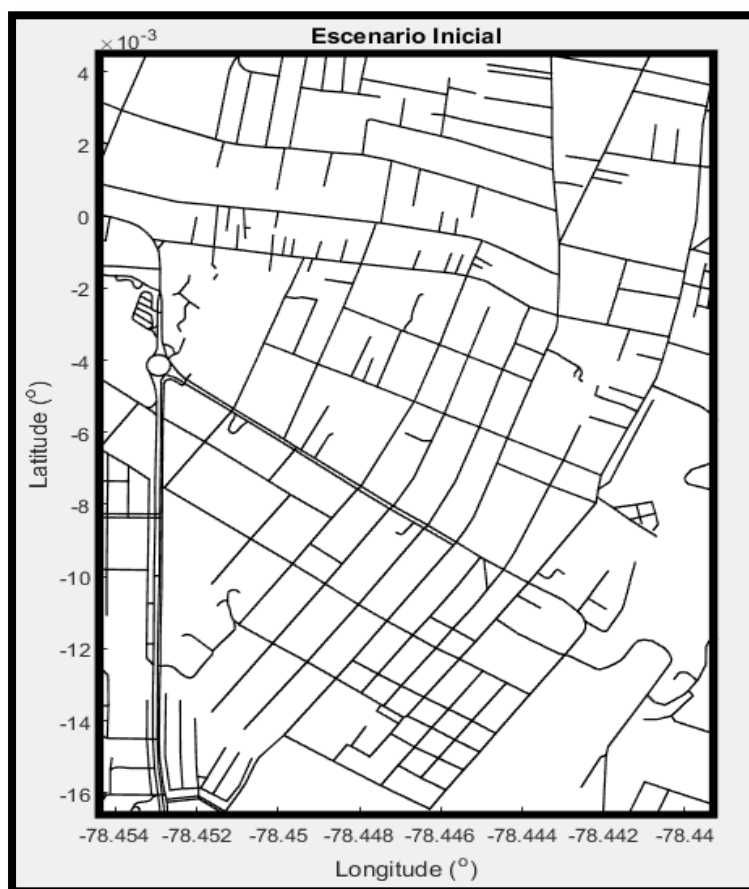
Figura 17. Archivos PNG, OSM, desde OpenStreetMap



Nota. La figura muestra dos archivos, uno de ellos con formato PNG y otro con extensión.osm. (Autor: Jairo Almache)

A continuación, con los dos archivos previamente guardados del mapa de San Antonio de Pichincha ya existe la posibilidad de abrirlos en Matlab.

Figura 18. Mapa de San Antonio de Pichincha en Matlab

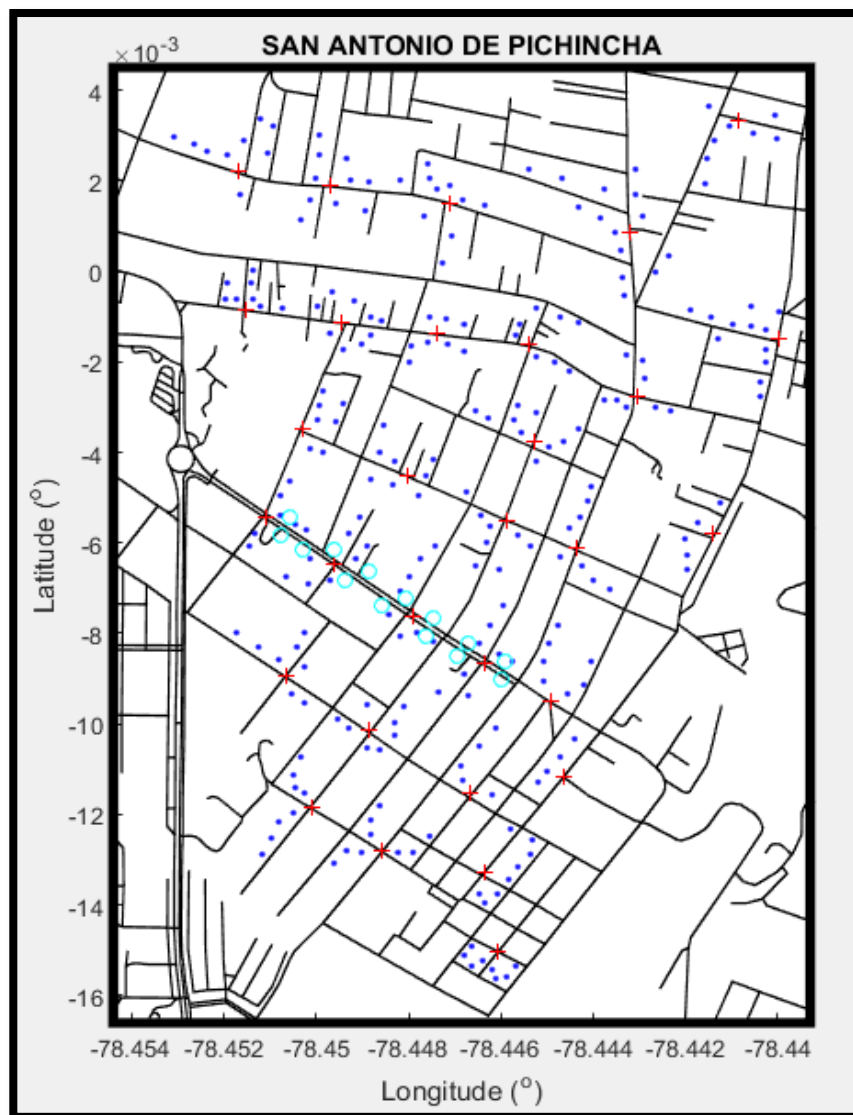


Nota. El mapa permite visualizar las calles principales del sector.(Autor: Jairo Almache)

Los mapas guardados con su respectiva extensión desde OpenstreetMap y abiertos con Matlab, se observa que las calles son de color negro donde se ubican pozos, cajas NAP y abonados. El criterio para la colocación de los elementos mencionados anteriormente se lo hizo tomando en cuenta la cantidad de conjuntos residenciales y empresas, a los cuales se pretende ofrecer el servicio.

Los abonados se encuentran señalizados con un punto azul (.), las cajas NAP simbolizadas con un signo (+) y los pozos se representa con un círculo (o) de color cian.

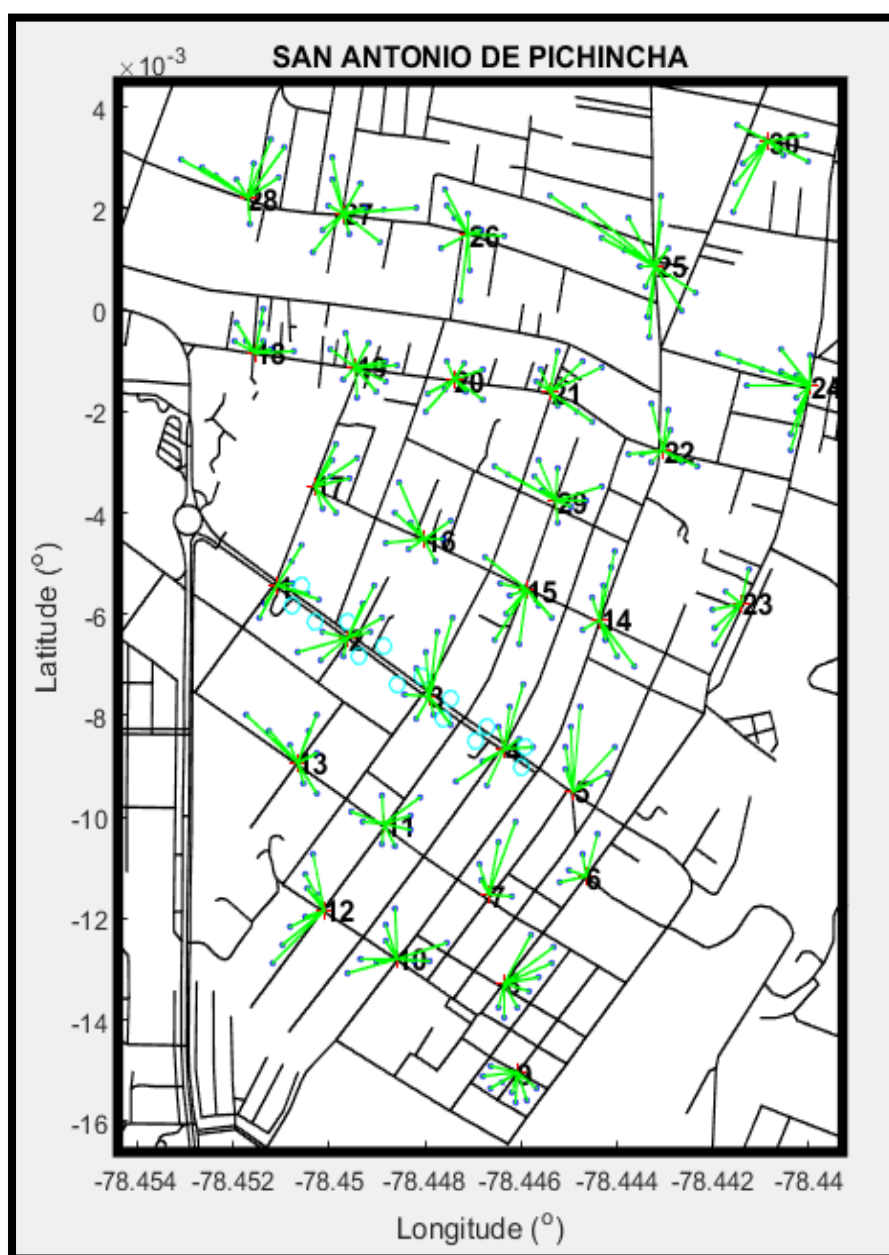
Figura 19. Mapa de la parroquia de San Antonio de Pichincha en Matlab



Nota. La figura muestra la distribución de elementos dentro del sector (Autor: Jairo Almache)

La empresa Myser Telecom identifica a 245 clientes dentro de San Antonio de Pichincha para lo cual se determina la colocación de cajas NAP para que se trabaje hasta con 32 clientes cada una. Si se emplean todos los terminales de cajas NAP se tendrá 960 entre clientes hogar, profesionales, pymes y corporativos.

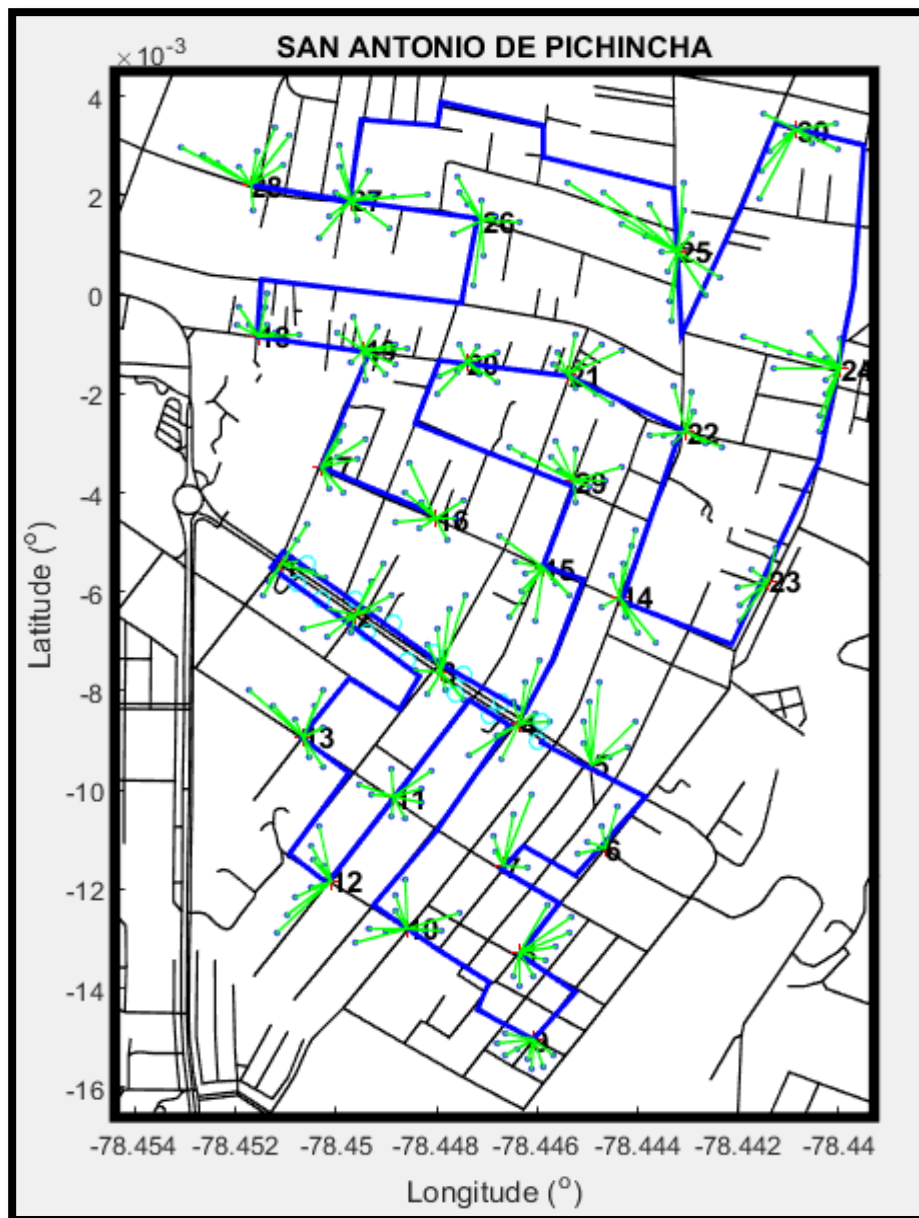
Figura 20. Mapa de San Antonio de Pichincha con distribución de abonados, cajas NAP y pozos.



Nota. La figura indica la distribución para 245 clientes dentro de la parroquia (Autor: Jairo Almache).

El despliegue de fibra óptica hasta llegar a los abonados pasando por las cajas NAP se representa con líneas de color azul, el tendido se lo realiza evitando redundancias teniendo una distancia de 12590 m, que representa la distancia del medio de transmisión que se debe emplear, sin embargo, se coloca 13000m para futuras extensiones de la red.

Figura 21. Ruta de la fibra óptica en San Antonio de Pichicha.



Nota. En la imagen se aprecia el tendido de la fibra que pasa por cada una de las cajas NAP. (Autor: Jairo Almache)

Cabe mencionar que para los 13 Km de tendido de fibra óptica no se incluye la distancia entre los abonados y las cajas NAP, ya que siempre los abonados deben estar adheridos a las cajas NAP más cercanas.

3.3.1 BALANCE ÓPTICO

En el balance óptico que se detalla a continuación se muestran varias tablas referentes a valores que se deben tomar en cuenta para el análisis con la tecnología XGPON.

Se toma en cuenta el peor escenario para determinar todas las pérdidas existentes partiendo de la recomendación “ITU-T G987.2 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification.” (ITU, 2016)

La Tabla 7 muestra parámetros de la red XGPON, que son empleadas en la parte de la simulación en OptSim.

Tabla 7. Parámetros pasivos y activos.

ELEMENTOS DE RED XGPON				
Elementos activos		Elementos pasivos		
Potencia de Transmisión	2dBm	Elemento	Cantidad	Pérdida/unidad
Sensibilidad de Recepción	29dbm	Fibra Óptica	13 Km	0,21dB/km
Longitud de onda	1550nm	Conectores	8	0,75dB
Velocidad	10 Gbps	Splitter 1:32	1	17,5 dB
Modulación	NRZ	Fusiones	3	0,1 dB

Elaborado por: El Autor.

Dentro del balance óptico se realiza el diseño con una fibra óptica de tipo mono modo G652D recomendada por la ITU-T G987.2 para la tecnología XGPON.

Figura 22. Propiedades ópticas G652D

PROPIEDADES OPTICAS			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1310 nm (*)	0,32 / 0,35	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Tip. /Max. Atenuación fibra Individual a 1383 nm (*)	0,28 / 0,31	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra Individual a 1625 nm (*)	0,20 / 0,24	dB/km	
Uniformidad en la atenuación (Puntos discontinuidad a 1310o 1550nm)	< 0,05	dB	
Longitud de onda de dispersión nula	$1302 < \lambda_0 < 1322$	nm	UNE-EN 188000-309 IEC 60793-1-42
Pendiente de dispersión a λ_0 (S_0)	$\leq 0,092$	ps/nm ² ·km	
Dispersión cromática máxima (1285 nm - 1330 nm)	$\leq 3,5$	ps/nm·km	
Dispersión cromática máxima a 1550 nm	$\leq 18,0$	ps/nm·km	
Dispersión cromática máxima a 1625 nm	$\leq 22,0$	ps/nm·km	
Dispersión por modo de polarización (PMD) (*)	$\leq 0,2$	ps/√km	IEC 60793-1-48
Coefficiente de PMD del enlace (PMD ₀) (**)	$\leq 0,06$	ps/√km	
Longitud de onda de corte (fibra cableada)	$\lambda_{cc} < 1260$	nm	UNE-EN 188000-313 IEC 60793-1-44

Nota. Los detalles de la Fibra óptica G652D se muestra en esta figura donde la perdida de la fibra está en relación a la longitud de onda. (Rodriguez, 2016)

N1 es una clase de pérdidas que se emplea para el análisis y diseño de la red XGPON. En la tabla 8 se muestran las clases de pérdidas mínimas y máximas para la ODN

Tabla 8. Clases de pérdida de trayectoria óptica

	Nominal1 class (N1 class)	Nominal2 class (N2 class)	Extended1 class (E1 class)	Extended2 class (E2 class)
Minimum loss	14 dB	16 dB	18 dB	20 dB
Maximum loss	29 dB	31 dB	33 dB	35 dB

Fuente: (ITU, 2016, pág. 3)

Para el balance óptico se debe cumplir la siguiente inecuación (Sarango, 2015)

$$P_{RX} \leq P_{TX} - \alpha_{Total} \quad (\text{ecuación 1})$$

P_{RX} = Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.

P_{TX} = Potencia máxima del transmisor óptico.

α_{Total} = Valor total de pérdidas.

Dentro de la recomendación antes mencionada, en la Tabla 9 se detallan los parámetros

en sentido descendente, además de los valores mínimos y máximos de potencia que existe entre la OLT y la ONU.

Tabla 9. Parámetros de interfaz óptica en sentido descendente.

INTERFAZ ÓPTICA DESCENDENTE							
Transmitter OLT							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
			N2a	N2b		E2a	E2b
Mean launched power MIN	dBm	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8	+14.5
Mean launched power MAX	dBm	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12	+16.5

Receiver ONU							
ODN Class		N1	N2		E1	E2	
			N2a	N2b		E2a	E2b
Minimum sensitivity at BER reference level (Note 5)	dBm	-28.0	-28.0	-21.5	-28.0	-28.0	-21.5
Minimum overload at BER reference level	dBm	-8.0	-8.0	-3.5	-8.0	-8.0	-3.5

Fuente: (ITU, 2016, págs. 6,7)

En la Tabla 10, se detallan los parámetros en sentido ascendente, además de los valores mínimos y máximos de potencia que existe entre la ONU y OLT, establecidos por la ITU.

Tabla 10. Parámetros de la interfaz óptica en sentido ascendente

INTERFAZ ÓPTICA ASCENDENTE					
Transmitter ONU					
ODN Class		N1	N2	E1	E2
Mean launched power MIN	dBm	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0
Mean launched power MAX	dBm	+7.0	+7.0	+7.0	+7.0

Receiver OLT					
ODN Class		N1	N2	E1	E2
Minimum sensitivity at BER reference level	dBm	-27.5	-29.5	-31.5	-33.5
Minimum overload at BER reference level	dBm	-7.0	-9.0	-11	-13

Fuente: (ITU, 2016, pág. 8)

Cabe mencionar que tanto la tabla 9 y 10, son valores publicados por la (ITU), la cual se

emplea para análisis del balance óptico.

3.3.1.1 Cálculo del Balance Óptico

Dentro del balance óptico se realiza el cálculo para verificar la transmisión de datos, video y voz en sentido ascendente del cual se obtiene:

Tabla 11. Cálculo de la atenuación del peor escenario posible (banda 1310-1625nm).

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación(dB)	Atenuación(dB)
Conectores	8	U	0,75	6
Fusiones	4	U	0.10	0.4
Splitter 1x32	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a SC	4	km	0.40	1.6
Distancia SC a NAP	0.400	km	0.40	0.16
Distancia NAP a ONT	0.150	km	0.40	0.06
Valor de Seguridad	-	-	2	2
Atenuación Total				27.72

Fuente: (Sarango, 2015, pág. 75)

Se realiza el cálculo para verificar la transmisión de datos, video y voz en sentido descendente donde se obtiene:

Tabla 12. Cálculo de la atenuación del peor escenario posible (banda 1550nm).

Elemento	Cantidad	Unidad	Atenuación(dB)	Atenuación(dB)
Conectores	8	U	0,75	6
Fusiones	4	U	0.10	0.4
Splitter 1x32	1	U	17.5	17.5
Distancia OLT a SC	4	km	0.30	1.2
Distancia SC a NAP	0.400	km	0.30	0.12
Distancia NAP a ONT	0.150	km	0.30	0.045
Valor de Seguridad	-	-	2	2
Atenuación Total				27.26

Fuente: (Sarango, 2015, pág. 75)

En la Tabla 11 y 12 se aprecia datos de atenuación con el peor escenario tanto en la banda descendente y ascendente donde el valor de las pérdidas totales se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la clase N1(29dB), admitida por la recomendación ITU-T G987.2.

Dentro del cálculo anterior se considera un valor de seguridad de 2 dB, el cual se emplea para cubrir la degradación de elementos activos, curvatura de la fibra óptica, reparaciones de la red, adición de nuevos elementos y sangrados de fibra óptica. (Sarango, 2015)

Con la inecuación del análisis óptico se determina si la atenuación total hallada es la correcta, para eso se utiliza la potencia de transmisión máxima y la sensibilidad de recepción máxima. Además, con este cálculo se determina si con la clase de perdidas N1 la tecnología XGPON no presenta inconvenientes. (Sarango, 2015)

Cálculo para la banda 1550nm en sentido descendente para el peor escenario.

$$P_{RX} = \text{Valor tabla 8.}$$

$$P_{TX} = \text{Valor tabla 8.}$$

$$\begin{aligned} P_{RX} &\leq P_{TX} - \alpha_{Total} \\ -28 \text{ dBm} &\leq +6.0 \text{ dBm} - 27.26 \text{ dB} \\ -28 \text{ dBm} &\leq -20.94 \text{ dB} \end{aligned}$$

Cálculo para la banda 1310-1625nm en sentido ascendente para el peor escenario.

$$P_{RX} = \text{Valor tabla 9.}$$

$$P_{TX} = \text{Valor tabla 9.}$$

$$\begin{aligned} P_{RX} &\leq P_{TX} - \alpha_{Total} \\ -27.5 \text{ dBm} &\leq +7.0 \text{ dBm} - 27.72 \text{ dB} \\ -27.5 \text{ dBm} &\leq -20.72 \text{ dB} \end{aligned}$$

Para el valor calculado de la potencia de recepción se hace uso de la ecuación siguiente donde el valor de α_{Total} (pérdidas totales), se toma del valor calculado con la banda de 1550nm.

$$\begin{aligned} P_{RX} &= P_{TX} - \alpha_{Total} \\ P_{RX} &= 2 \text{ dBm} - 20.94 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$P_{RX} = -18.94 \text{ dBm}$$

Donde 18.94dBm corresponde a la potencia de recepción siendo este valor el esperado en la simulación en OPTSIM.

“Una vez obtenido el balance óptico para los casos de la ONU más lejana, se define que los valores obtenidos de pérdidas a lo largo de la ODN no causan ningún problema en la transmisión de los datos, garantizando en el caso del usuario más lejano que la señal pueda ser reconocida, es decir, exista una operación adecuada dentro del rango establecido.” (Sarango, 2015)

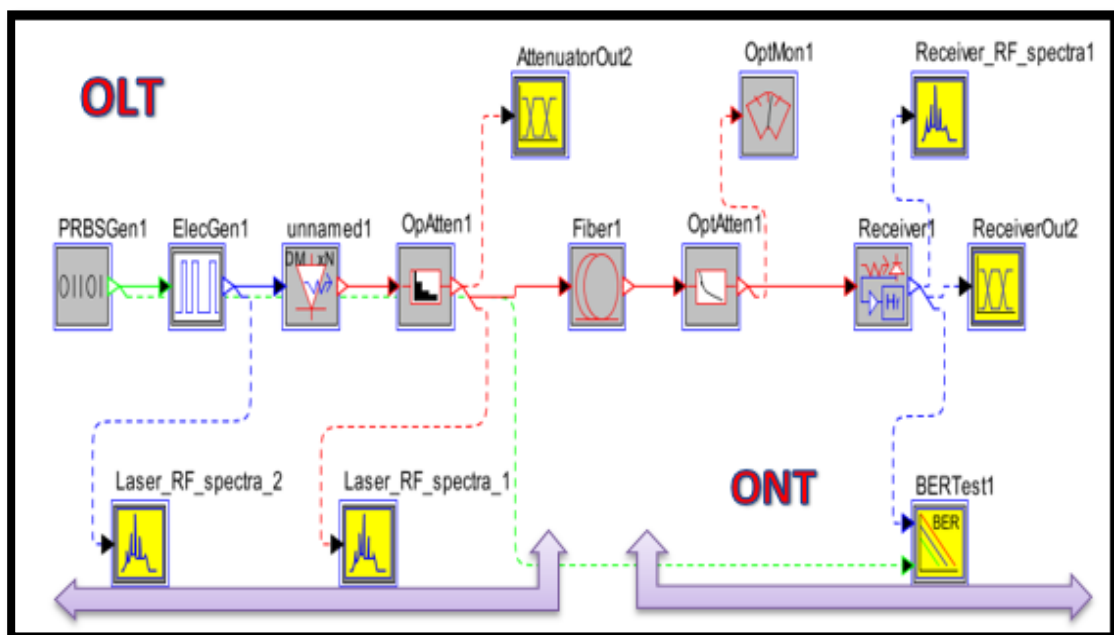
3.3.2 SIMULACIÓN

Para observar otros parámetros se opta además por una simulación de la red en el software OptSim creado para diseñar sistemas de comunicación óptica que posee una interfaz gráfica amigable para trabajar con mediciones precisas.

OptSim dispone de instrumentos de medición similares a los de un laboratorio donde se configura parámetros como velocidades de transmisión, tipo de fibra, equipos, distancias.

Para la simulación se toma en cuenta la lejanía del abonado final el cual muestra la mayor pérdida con el peor escenario posible y comparar con los datos hallados en el balance óptico.

Figura 23. Simulación en OptSim



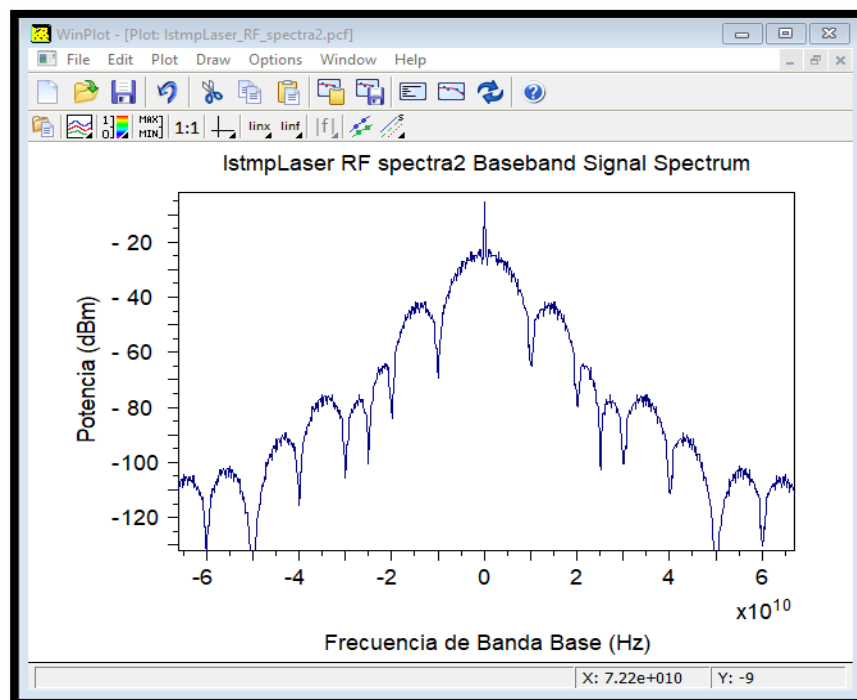
Nota. Para la red XGPON, en esta figura se muestra los elementos que son empleados para la simulación en OptSim con una velocidad de 10 Gbps. (Autor: Jairo Almache)

En el Software OptSim se ubican varios elementos para simulación de la red XGPON los cuales se detalla a continuación:

- Generador de secuencia binaria pseudoaleatoria.
- Elemento que transforma una señal de dos unidades en señal eléctrica el cual simula un láser Fabry Perot.
- Normalizador de Potencia óptica el cual detalla el recorrido entre la OLT y la ONU más lejana.
- Atenuador en el cual se coloca las perdidas por empalmes, conectores y división de potencia hacia las ONU.
- Receptor Óptico el cual simula las ONU's con los parámetros de configuración.

Además, en la figura 23 se observa elementos de medición de señales los cuales son empleados para la visualización en cada una de las etapas.

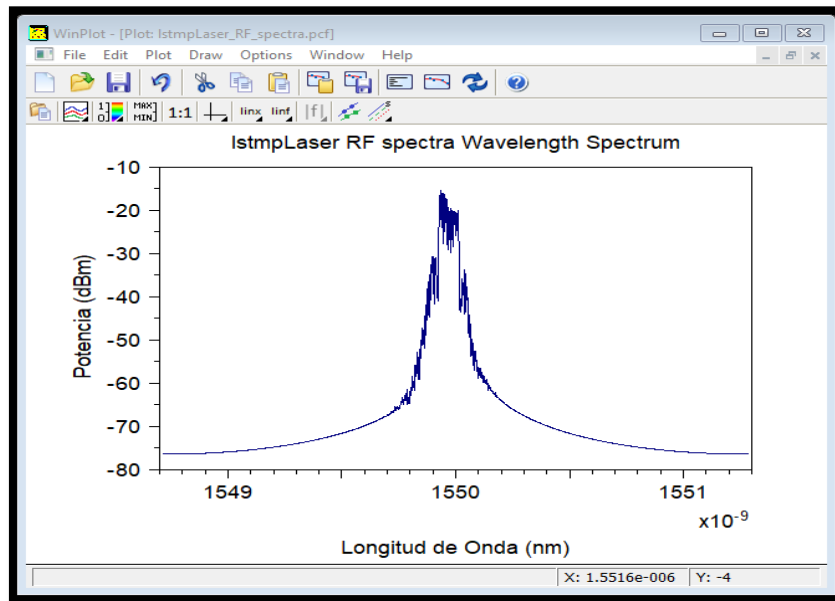
Figura 24. Espectro en la transmisión de la señal óptica a 10 Gbps



Nota. Dentro de la simulación de la red, en la figura 24 se aprecia los lóbulos de la señal óptica antes del láser con una velocidad de 10 Gbps, velocidad característica de la tecnología XGPON. (Autor: Jairo Almache)

Se toma como referencia la tabla 7, en el cual la longitud de onda es de 1550nm, longitud en el que trabaja el sistema propuesto.

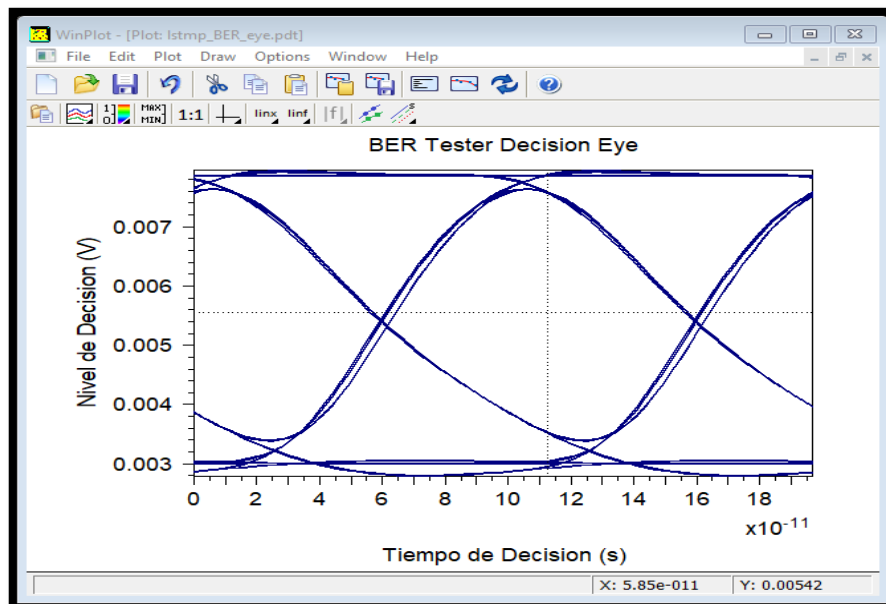
Figura 25. Espectro de la señal en 10 Gbps.



Nota. La figura indica la longitud de onda con la que trabaja el diseño (Autor: Jairo Almache)

En la transmisión de 10 Gb y como referencia la tabla 7, al finalizar la transmisión se consigue un BER correspondiente a 5.85×10^{-11} , el cual indica que la simulación del sistema tiene un desempeño óptimo.

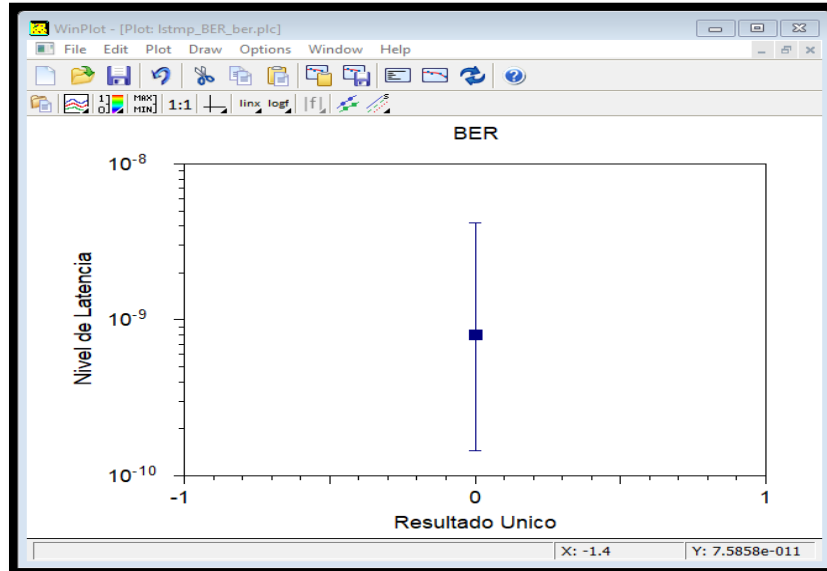
Figura 26. Diagrama de ojo a 10 Gb



Nota. La figura es un diagrama de ojo, el cual muestra que el sistema tiene un diseño óptimo, que se ajusta para este tipo de comunicaciones. (Autor: Jairo Almache)

En la simulación existe niveles aceptados de latencia, jitter con nulas perdidas de paquetes aceptados dentro de la tecnología XGPON.

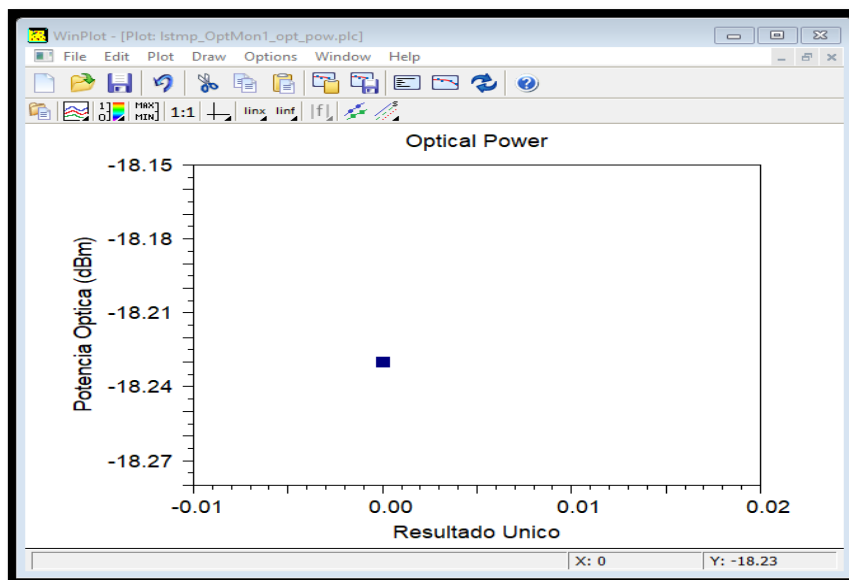
Figura 27. Niveles de Latencia para 10 Gb



Nota. La imagen muestra los niveles aceptables de latencia aceptados por la norma. (Autor: Jairo Almache)

Después de haber pasado una distancia de 13km de fibra, se muestra un gráfico de potencia óptica de recepción para el abonado más lejano, donde se comprueba que tanto el diseño como la simulación operan óptimamente.

Figura 28. Potencia de Recepción a 10 Gb



Nota. La figura muestra el valor de la potencia de recepción en la simulación. (Autor: Jairo Almache)

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez diseñado, simulado y calculado los principales parámetros de funcionamiento de la red XGPON, es importante compararlos entre sí, para tener la certeza de que la red se ajusta a las recomendaciones y en un futuro ver que su operación se realizara de manera óptima.

En la tabla 13 se revela un cuadro comparativo de datos anteriormente obtenidos dentro del diseño propuesto.

Tabla 13. Cuadro comparativo de parámetros en análisis.

	<u>NORMA XGPON</u>	<u>CALCULADOS</u>	<u>SIMULADOS</u>
Longitud de Onda	1550nm	1550nm	1550nm
Potencia de Tx	2dbm	2dBm	2dBm
Potencia de Rx	Min:14dBm max:29dBm	-18.94dBm	-18.23dBm
	<u>NORMA XGPON</u>	<u>SIMULADOS</u>	
Ancho de banda	Up:2.5 Gbps Down:10 Gbps	10 Gbps	
Jitter	<50[ms]	20[ms]	
Latencia	<50[ms]	20[ms]	
Paquetes Perdidos	0%	0%	

Elaborado por: Jairo Almache

CAPÍTULO 4

4.1. ESTUDIO DE COSTOS

El cuarto capítulo detalla un estudio de costos tanto de los equipos como de los elementos a emplearse en las diferentes secciones de la red, los cuales serán de conocimiento del Gerente General con aprobación del Área Financiera para la implementación a cargo de la empresa Myser Telecom. Los indicadores de evaluación del proyecto para el análisis de factibilidad de implementación son: VAN, TIR) y finalmente se determina el plan de financiamiento.

4.1.1. Costos de Materiales y equipos Red Interna

Para las mejoras en la empresa, de inicio se parte específicamente desde la red interna donde se colocarán equipos y materiales que muestran en la tabla siguiente.

Tabla 14. Recursos Red Interna.

<i><u>Equipo</u></i>	<i><u>Cantidad</u></i>	<i><u>Unitario</u></i>	<i><u>Total</u></i>
Router 10 Puertos Ethernet	1	\$240	\$240
Switch 24 Puertos	1	\$150	\$150
Access Point	1	\$80	\$80
Panel de conexión 24 puertos	1	\$75	\$75
UPS	1	\$290	\$290
Cable UTP(metros)	70	\$0,54	\$37,80
Conectores RJ45	25	\$0,15	\$3,75
Capuchones	25	\$0,13	\$3,25
Canaleta(metros)	30	\$2,24	\$67,20
Tomacorrientes y Toma Red	24	\$1,79	\$43
		<u>TOTAL</u>	\$1.089,70

Elaborado por: Jairo Almache.

Como se muestra la Tabla 14, los recursos que se necesitan para el mejoramiento de la red Interna, tomando en cuenta que los equipos y materiales son totalmente nuevos.

4.1.2. Costo de equipos en el Nodo.

Como se muestra en la Tabla 15, se puntualizan los valores de equipos y materiales que se seleccionó para el centro de datos.

Tabla 15.Costo de equipos y materiales en el Nodo

<u>Modelo</u>	<u>Características</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Unitario</u>	<u>Total</u>
SKD-32U- W600mm D800mm negro.	Gabinete de Piso	1	\$700	\$700
OLT Smart AXEA5800-X7	-Tarjeta controladora de ambiente. -Tarjeta controladora de energía. -Cable conductor rojo, azul, amarillo 25mm ² 110A/450V. -Patch cord LC-PC//LC-PC G.652D.	1	\$7000	\$7000
Cableado de fibra interno	Cableado rack	4	\$13.87	\$55.48
	Patch Cord FC-PC//SC-PC modo G.652D	80	\$1.36	\$108.80
Sensores	-Humo.	1	\$6	\$6
	-Temperatura	1	\$8	\$8
SFP	1000BASE-T(RJ45)	2	\$45.56	\$91.12
	Convertor óptico(20 km)	2	\$61.25	\$122.50
Licencias	-ONU	245	\$2.90	\$710.50
	-Puertos PON	245	\$1.19	\$291.55
<u>TOTAL</u>				\$9.093,95

Elaborado por: Jairo Almache

La Tabla 15 especifica los costos de la parte interna del Nodo donde se encuentra el centro de datos con equipos y materiales que soportan la tecnología XGPON, los costos se toman en cuenta para los primeros 245 abonados.

Tabla 16. Costo de equipos y materiales red de dispersión.

<u>Modelo</u>	<u>Características</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Unitario</u>	<u>Total</u>
NAP	-Caja de distribución óptica aérea y roseta optica	30	\$115	\$3.450
Preformados	-G652D	60	\$9	\$540
Cableado de fibra externo	-Cable acometida+ roseta óptica	245	\$45	\$11.025
Herrajes	Para fibra de acometida	225	\$0,75	\$168,75
	Para Pozos	14	\$12	\$168
	De poste de Retención de Fibra	40	\$10	\$400
	De plástico acometida 2 hilos	245	\$3,50	\$857,5
ONT	Echolife EG8245Q (hogar)	180	\$70	\$12.600
	EchoLife EG8084P (empresas)	65	\$223	\$14.495
<u>TOTAL</u>				\$43.704,25

Elaborado por: Jairo Almache

La Tabla 16 se realiza con la cantidad de elementos y equipos a emplearse para un número de 245 abonados estimados inicialmente por la empresa, siendo 960 el número total de futuros abonados.

Tabla 17. Costo de red distributiva y feeder.

<u>Modelo</u>	<u>Características</u>	<u>Monto</u>	<u>Pre.Unitario</u>	<u>Total</u>
Empalmes	Cable 48 fibras volátil por fusión red de distribución.	3	\$320	\$960
	Cable 48 fibras de pozo por fusión feeder	2	\$480	\$960
Identificadores	Tipo acrílico de fibra óptica aérea	22	\$6	\$132
	Tipo acrílico de fibra óptica canalizada	4	\$5,10	\$20,40
Reservas de Fibra Óptica	Aéreas	11	\$14,20	\$156,20
	Pozo	2	\$22	\$44

Suministro y colocación Armario	Puertos + 8 Splitter(1/32) modulares	3	\$4300	\$12.900
ADSS G.652D	48 hilos fibra mono modo Provisión y cable aéreo.	1400	\$3,80	\$5320
G.652D	48 hilos fibra mono modo Provisión y cable aéreo.	700	\$6	\$4200
<u>TOTAL</u>				\$24.692,60

Elaborado por: Jairo Almache

La Tabla 17 establece los valores referenciales de red para el sector de San Antonio de Pichincha, cuyos elementos a tomar en cuenta son destinados al tendido de cable, reservas de fibra e identificadores que conforman la red troncal y la red de distribución.

4.2. Indicadores para la evaluación del proyecto

Al inicio del capítulo 4 se mencionó los indicadores que se toman en cuenta para decidir la posibilidad de instauración del proyecto.

Los valores finales que se toman en cuenta para el proyecto se observa en la tabla 18.

Tabla 18. Precio Total del Proyecto.

<u>Inversión</u>	<u>Valor</u>
Materiales con equipos Red Interna	\$1.089,70
Materiales y equipos en el Nodo	\$9.093,95
Material red de dispersión.	\$43.704,25
Material red feeder y distribución.	\$24.692,60
TOTAL	\$78.580,5

Elaborado por: Jairo Almache

En la Tabla 18 se muestran los costos finales presupuestados que se ha instituido a partir del esquema establecido.

Tabla 19. Costos Totales del Diseño.

<u>Flujo de Caja</u>	<u>Mensual</u>	<u>Anual</u>
Pago servicio hogar USD\$/22-180	\$3.960	\$47.520
Pago por servicio profesional USD\$/30-41	\$1.230	\$14.760
Pago por servicio empresarial USD\$/52-24	\$1.248	\$14.976
	\$6.438	\$77.256

Elaborado por: Jairo Almache

La Tabla 19 establece valores de flujo de caja, para un total de 245 abonados repartidos en clientes hogar, profesional y empresarial.

4.2.1. Flujo Projectado

Dentro de análisis financiero en la tabla 20 se muestra un cuadro que detalla el flujo de caja proyectado, el cual se emplea para el cálculo de los indicadores financieros.

Tabla 20. Flujo de caja Projectado

AÑO	0	1	2	3
INVERSIÓN	\$ -78.580,50			
Materiales				
Materiales y equipos Red Interna	\$ 1.089,70			
Materiales y equipos en el Nodo	\$ 9.093,95			
Material red de dispersión.	\$ 43.704,25			
Material red feeder y distribución.	\$ 24.692,60			
INGRESOS				
Ingresos servicios residenciales USD \$ 22-180		\$47.520	\$47.520	\$47.520
Ingresos servicios asesoramiento profesional USD\$ 30-41		\$14.760	\$14.760	\$14.760
Ingresos servicios empresariales USD \$ 52-24		\$14.976	\$14.976	\$14.976
TOTAL INGRESOS		\$77.256	\$77.256	\$77.256
Sueldos y Salarios				
Sueldo Técnico Externo	\$ 6.600,00	\$ 6.600,00	\$ 6.600,00	\$ 6.600,00
Sueldo Soporte Interno	\$ 8.640,00	\$ 8.640,00	\$ 8.640,00	\$ 8.640,00
Sueldo Gerente	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
Sueldo Administrativo (contador/recepcionista)	\$ 8.400,00	\$ 8.400,00	\$ 8.400,00	\$ 8.400,00
Costos de operación y mantenimiento	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
TOTAL COSTOS		\$ 39.640,00	\$ 39.640,00	\$ 39.640,00
FLUJO GENERADO	\$ -78.580,50	\$ 37.616,00	\$ 37.616,00	\$ 37.616,00
RECUPERACION INVERSIÓN		\$ -40.964,50	\$ -3.348,50	\$ 34.267,50

Elaborado por: Jairo Almache

4.2.2. VAN

“Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión Inicial”. (Baca, 2006, pág. 222)

“El valor presente neto es el método más conocido y el más aceptado. Mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de cada proyectados a partir del primer periodo de operación y se le resta la inversión total expresada en el momento cero.” (Córdova, 2011, pág. 236)

- Un VAN negativo, el proyecto debe ser apartado
- Un VAN positivo, el proyecto es elaborable
- “Un VAN similar a cero, la inversión en recursos no produciría ganancias ni valores en contra, la decisión de aceptar o no el proyecto debe basarse en otros criterios, como por ejemplo estudios de posicionamiento en el mercado.” (Córdova, 2011)

Si el flujo de caja neto es constante, entonces el VAN se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fe}{(1+i)^t}$$

En donde:

Fe= Flujo esperado de caja

I₀= Denominación Inicial

n=Periodo Considerado

i=Valor de Descuento

El dato de interés se obtiene de la página del Banco Central de Ecuador, cuyo monto es 12% en el inicio del año 2020.

$$\begin{aligned}VAN &= -I + \frac{Fe}{(1+i)^1} + \frac{Fe}{(1+i)^2} + \frac{Fe}{(1+i)^3} \\VAN &= -78.580,50 + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^1} + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^2} + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^3} \\VAN &= -78.580,50 + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^1} + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^2} + \frac{37.616,00}{(1+0,12)^3} \\VAN &= -78.580,50 + 33.585,71 + 29.987,24 + 26.774,33 \\VAN &= \mathbf{11.766,78}\end{aligned}$$

4.2.3. TIR

“La TIR se define, de manera operativa, como la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero. La TIR se compara con la tasa de interés y se acepta todos aquellos en los que la TIR es igual o superior”. (Córdova, 2011, pág. 242)

- Si la TIR supera una tasa de interés de conformidad, dicho proyecto es aceptado.
- Si la TIR disminuye a la tasa de interés de conformidad, el proyecto es negado.
- Si la TIR iguala una tasa de interés de conformidad, hay indolencia al proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fe}{(1+i)^t}$$

I_0 : Inversión inicial

Fe: Flujo Generado

El costo tomado para el computo de la Tasa interna es: inversión inicial I_0 USD\$78.580,50 en año cero y un flujo generado de caja USD\$37.640,00

$$0 = -78580,50 + \frac{37616,00}{(1+i)^1} + \frac{37616,00}{(1+i)^2} + \frac{37616,00}{(1+i)^3}$$

$$0 = -78580,50 + 37616,00 \left[\frac{1 - (1+i)^{-3}}{i} \right]$$

$$37616,00 \left[\frac{1 - (1+i)^{-3}}{i} \right] = 78580,50$$

$$37616,00 \left[\frac{1 - (1+i)^{-3}}{i} \right] = 78580,50$$

$$\left[\frac{1 - (1+i)^{-3}}{i} \right] = \frac{78580,5}{37616,00}$$

$$\left[\frac{1 - (1+i)^{-3}}{i} \right] = 2,089$$

Si $i=20,53\%= 0,2053$

$$\left[\frac{1 - (1 + 0,2053)^{-3}}{0,2053} \right] = 2,089$$

$$2,089 = 2,089$$

4.3. Plan de Financiamiento

De los costos detallados en las tablas anteriores para la implementación tanto de red interior como para el despliegue de red exterior bajo la tecnología XGPON, el valor estimado es de \$78.580,00 dólares, del cual el 50% de la implementación cubrirá la empresa como inversión propia y el 50% restante se buscará financiamiento del banco de Fomento entidad de la cual se obtuvo recursos en anteriores proyectos.

Conclusiones

Dentro del análisis de la red inalámbrica que posee SAI Myser Telecom se identifica diferentes falencias como es la saturación del espectro debido al uso ilegal de ISP's, al igual que los limitados planes de internet de 3 Mbps y 5Mbps que se oferta actualmente, esto ha generado malestar y desconformidad en los abonados pues el plan contratado de internet no es el esperado, siendo también los dueños los perjudicados debido a la reducción significativa del 50% de clientes.

Para el diseño de la red XGPON, se utiliza inicialmente un mapa georreferenciado de OpenStreetMap para trabajar conjuntamente con el software Matlab, la interfaz creada permite visualizar el 85% de la superficie de la parroquia donde se identifica la mayor parte de habitantes y sirve de apoyo para determinar inicialmente los 245 abonados, las 30 cajas NAP, 14 pozos y 13km de tendido de fibra óptica.

Dentro del diseño de la red existe participación del software OptSim el cual muestra en varias ilustraciones el ajuste a las recomendaciones con mejoramiento del jitter, ancho de banda, pérdida de paquetes y latencia, obteniendo un BER de 5.85×10^{-11} expresando que dicho valor está dentro de la tasa permitida para los sistemas de transmisión digital convirtiéndolo en un buen sistema.

Para la simulación se decide el uso del Software OptSim, programa de diseño óptico más cercano a la realidad donde se configuró varios parámetros ópticos tomando como referencia al abonado más lejano que se encuentra a una distancia aproximada a los 13km de la ubicación de la OLT. Dentro de los detalles que proporciona la simulación se muestra el valor de -18.23 dBm correspondiente a la potencia de recepción lo que según la ITU-T G987.2 se encuentra dentro de los umbrales admitidos lo que conlleva al funcionamiento idóneo en velocidades de 10 Gb, como parte adicional dentro de la simulación se tiene una cobertura para 245 abonados como etapa inicial, lo que en un futuro se pretende llegar a cubrir son 960 clientes.

Dentro del capítulo financiero se aplicaron indicadores que permiten conocer la viabilidad del proyecto, en cuanto el VAN arrojó un valor positivo de \$ 11.766,78 y la TIR de 20,53%, adicional la inversión se recuperará en 3 años promedio, concluyendo que es factible la implementación de proyecto que sin duda alguna beneficiará a las personas que residen en San Antonio de Pichincha.

Recomendaciones

Una vez finalizado el análisis, diseño y simulación a partir de la tecnología XGPON es recomendable la implementación del sistema en un periodo máximo de un año debido a los avances tecnológicos que se presentan día tras día además de las variaciones económicas que sufrirán tanto equipos como materiales utilizados para el desarrollo del proyecto.

Es importante seleccionar un proveedor que disponga la capacidad de suministrar un ancho de banda requerido para la prestación de servicios que cada uno de los abonados hogar, profesional, pymes y corporativos requieren.

Sobre el diseño de la red que se propuesto, se recomienda hacer uso de algún algoritmo de optimización el cual se encargará posiblemente de proporcionar la ruta más corta por donde pasará la fibra óptica además de elementos a emplearse hasta llegar al abonado final.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, M. (15 de agosto de 2017). "DISEÑO DE UNA RED LAN Y WLAN ". Quito, Pichincha, Ecuador: PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- ANERA. (4 de MARZO de 2016). ANERA. Obtenido de ANERA: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-423196990-bobina-cable-utp-cat-6a-100-cobre-305-mts-marca-anera-_JM#position=1&type=item&tracking_id=c29fc574-8f3d-4f4b-8a6f-c09f9bb6e683
- Baca, G. (2006). *Evaluación de Proyectos* (Quinta ed.). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 15 de Enero de 2020
- Camber1redes. (18 de Octubre de 2019). Obtenido de <https://camber1redes.wordpress.com/puente-de-red-o-bridge/>
- Córdova, M. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Recuperado el 15 de Enero de 2020
- EBAY. (4 de Febrero de 2017). EBAY. Obtenido de EBAY: <https://www.ebay.es/itm/FSProducts>. (23 de abril de 2019). FSProducts. Obtenido de FSProducts: <https://www.fs.com/mx/products/42477.html>
- Furukawatam. (7 de Mayo de 2018). *Furukawatam*. Obtenido de Furukawatam: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/roseta-optica>
- Huawei. (4 de agosto de 2019). *Huawei*. Obtenido de Huawei: <https://e.huawei.com/es/products/enterprise-transmission-access/access/olt/ea5800>
- HUAWEI. (4 de Julio de 2019). *HUAWEI*. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/products/enterprise-transmission-access/access/olt/ea5800>
- Innovative. (18 de Noviembre de 2015). *Innovative*. Obtenido de Innovative: www.innovative.com
- ITU. (2016). *10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification*. Geneva: ITU.
- Magitech. (3 de junio de 2017). *Magitech*. Obtenido de Magitech: <https://www.magitech.pe/ups-cdp-con-regulador-r-upr-1008-1000va-410w-8-salidas.html#additional>

Mikrotik. (7 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://mikrotik.com/>

Mikrotik. (20 de octubre de 2019). Obtenido de (<https://configurarmikrotikwireless.com/blog/mikrotik-routeros-para-que-sirve.html>)

Molina, J. (25 de Julio de 2011). La Neutralidad de Red. Obtenido de <http://laneutralidaddered.blogspot.com/2011/07/ancho-de-banda-latencia-y-jitter.html>

Mysertelecom. (25 de Enero de 2018). Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de www.mysertelecom.net

Nexxtsolutions. (octubre de 2018). *Nexxtsolutions*. Obtenido de Nexxtsolutions: <https://w.nexxtsolutions.com/>

Optytech. (21 de Junio de 2017). *Optytech*. Obtenido de Optytech: <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/cable-tipo-drop-aereo-1-2-hilos-2x5mm.htm>

optytech. (14 de octubre de 2018). *optytech*. Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/splitter-1x32-con-conector-sc-apc.html>

Optytech. (27 de FEBRERO de 2019). Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-optica-tipo-domo-con-sellos-mecanicos-modelo-gjs03-m8ax-jx-144d.html>

Rodriguez, I. (13 de febrero de 2016). *Arquitectura de redes*. Madrid.

Sánchez Ortega, J. K. (9 de Agosto de 2018). Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON -. *Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON -*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UNIVERSIDAD CATÓLICA. Recuperado el 6 de Diciembre de 2019

Sarango, D. (4 de Agosto de 2015). DISEÑO DE UNA RED DE DATOS BASADA EN TECNOLOGIA XG-PON SYSTEMS (10 GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS) PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE. Loja, Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

Tecmikro. (21 de septiembre de 2015). *Tecmikro*. Obtenido de Tecmikro: <https://tecmikro.com/componentes-electromecanicos/322-conector-rj45-categoria-5e.html>

Todoelectrico. (16 de abril de 2016). *Todoelectrico*. Obtenido de Todoelectrico: <https://www.todoelectrico.es/productos-materialectrico/canaleta->

superficie/canaleta-blanca-40x17mm-detail.html

TpLink. (3 de mayo de 2016). *TpLink*. Obtenido de TpLink:
<https://www.tplink.com/ec/business-networking/unmanaged-switch/tl-sg1024/>

Vallejo, A. (21 de abril de 2016). EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11N. Quito, Pichincha, Ecuador: Vallejo.

Wisphub. (8 de junio de 2018). *wisphub*. Recuperado el 6 de noviembre de 2019, de <https://wisphub.net/>

ANEXOS

Anexo 1 Decisión de Equipos Red Interna

Dentro del diseño se propone algunos equipos y elementos a utilizar, por esa razón en la siguiente tabla se realiza la comparación entre varios elementos de similares características para determinar el que más se ajusta a los parámetros requeridos, así como también a la disponibilidad financiera de la empresa.

Decisión de Equipos y Materiales

<u>Elemento</u>	<u>Modelo</u>	<u>Costo</u>	<u>Vida Útil</u> <u>(años)</u>	<u>Disponibilidad</u> <u>(ECU)</u>	<u>Ajusta</u> <u>al</u> <u>diseño</u>
Gabinete de piso	STV 42U Rack Marca	\$715	10	Si	X
	SKD-32U- W600mm	\$650	10	Si	✓
	Beaucoup 42ur I- 1260-n	\$704	10	Si	X
Router	MikroTik RB4011iGS	\$240	7	Si	✓
	Rb3011uias-rm 10 Gigabit	\$320	7	Si	X
	Mikrotik Rb1100ahx4	\$455	7	Si	X
Switch	Tp-link TL- sg1024d 24 puertos	\$120	7	Si	X
	TL-SG1024	\$150	7	Si	✓
	Cisco Catalyst Ws-c2960-24pc-s	\$390	7	Si	X
Panel de conexión Cat6.	24 Puertos 110idc T568 A/b Nitrotel	\$70	7	Si	X
	24 puertos Nexxt	\$75	7	Si	✓
	Patch Panel 24 Puertos Cat 6	\$70	7	Si	X

UPS	Eaton 9130 2kva	\$485	5	Si	X
	2000va 2kva Vertiv 1600 Watts 120v Psl	\$150	5	Si	X
	Upr 2000va/1400w 120v a 8 tomas	\$290	5	Si	✓
Access Point	Routerboard Mikrotik Hap Lite 2.4ghz Rb941-2nd-tc Cc Espiral	\$40	6	Si	X
	AP4050DE-M	\$80	6	Si	✓
	Access Point Ac1200 Tp-link Eap225-outdoor Dual Band Poe+	\$115	6	Si	X
Cable UTP Cat 6A (Metros)	Panduit Azul Cat 6a Blindado	\$0.90	8	Si	X
	Anera AE- UTP6A58-CU1	\$0.54	8	Si	✓
	Cable F/utp Siemons Cat 6a Blindado	\$0.90	8	Si	X
Conector RJ-45 (c/u)	Nexxt	\$0.17	6	Si	X
	Tecmikro	\$0.15		Si	✓
	EVL	\$0.18	6	Si	X
Capuchones para Conectores RJ45 (c/u)	Nexxt	\$0.11	6	Si	X
	Nexxt	\$0.13	6	Si	✓
	Blexce	\$0.10	6	Si	X
	evLite	\$1.34	6	Si	X

Canaleta doble.	Dexson	\$2.24	9	Si	✓
	Dexson	\$1.46	6	Si	X
Tomacorriente Doble y punto de Red.	Faceplate	\$1.00	5	Si	X
	Veto	\$1.79	8	Si	✓
	Veto	\$1.64	6	Si	X

Elaborado por: El Autor

Anexo 1 Decisión de Equipos Red Externa

La tabla a continuación muestra la comparación entre varios equipos y elementos de similares características para determinar el que más se ajusta a los parámetros requeridos, así como también a la disponibilidad financiera de la empresa.

Decisión de Equipos y Materiales

<u>Elemento</u>	<u>Modelo</u>	<u>Costo</u>	<u>Vida Útil</u> <u>(años)</u>	<u>Disponibilidad</u> <u>(ECU)</u>	<u>Ajusta al</u> <u>diseño</u>
OLT	EA5800-X2	\$5600	8	Si	X
	EA5800-X7	\$7000	10	Si	✓
	EA5800-X17	\$8000	12	No	X
Pigtail	Simplex	\$2,40	3	Si	X
	Simplex	\$2,80	3	Si	X
	Simplex	\$1,50	3	Si	✓
Roseta Óptica	Roseta 2P	\$4,50	4	Si	✓
	Nexxt	\$7,50	5	Si	X
	Caplix	\$5,80	4	Si	X
Router	EG8245Q	\$70	8	Si	✓
	EG8084P	\$223	8	Si	✓
	EG8245H	\$190	8	No	X
Cable tipo Drop Aéreo	G.657D	\$50	10	Si	X
	G.652D	\$45	10	Si	✓
	G.652A	\$65	10	Si	X
Manga de	GJS03- M8AX-JX- 144D	\$105	8	Si	✓

empalme	FOSC-GJS03S	\$100	7	No	X
	FOSC--24 a 576 fibra	\$85	8	No	X
Splitter	1*32	\$18	10	Si	X
	1*32	\$25	10	Si	✓
	1*32	\$32	10	No	X

Elaborado por: El Autor

Anexo 2 Direccionamiento Red Interna.

Direcciones de la Red Interna.

<u>Área y Estaciones</u>	<u>IP</u>	<u>Máscara de Subred</u>	<u>Gateway</u>	<u>DNS Servidor Predefinido</u>	<u>DNS Servidor Alternativo</u>
RED	192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
PC1_Gerencia	192.168.0.10	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
PC2_Soporte_tecnico	192.168.0.11	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
PC3_Recepcion	192.168.0.12	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
PC4_Contabilidad	192.168.0.13	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
AP_Empleados	192.168.0.14	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
AP_Clientes	192.168.0.15	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
Equipo_Multifunción	192.168.0.16	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
	192.168.0.17	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
	192.168.0.18	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8
	192.168.0.19	255.255.255.0	192.168.0.1	10.10.10.11	8.8.8.8

Elaborado por: El Autor

Direcciones Red Interna.

<u>Área y Estaciones</u>	<u>IP Adress</u>	<u>Máscara de Subred</u>	<u>Gateway</u>	<u>DNS Servidor Predefinido</u>	<u>DNS Servidor Alternativo</u>
RED	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1	10.10.10.11	8.8.8.8
Router	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1	10.10.10.11	8.8.8.8
Switch	192.168.1.3	255.255.255.0	192.168.1.1	10.10.10.11	8.8.8.8
	192.168.1.4	255.255.255.0	192.168.1.1	10.10.10.11	8.8.8.8
	192.168.1.5	255.255.255.0	192.168.1.1	10.10.10.11	8.8.8.8

Elaborado por: El Autor