



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA TELERAPID S.A EN EL
SECTOR DEL CARMEN BAJO DE LA CIUDAD DE QUITO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Electrónico

AUTORES: Steven Jholaus Alava Guanopatín
Francisco Fabricio Arias Mozo

TUTOR: Jhonny Javier Barrera Jaramillo

Quito-Ecuador

2022

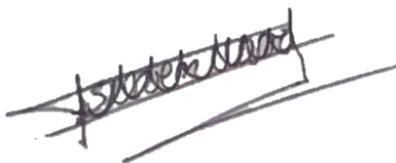
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Steven Jholaus Alava Guanopatín con documento de identificación No. 1726198110 y Francisco Fabricio Arias Mozo con documento de identificación No. 1723487730; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 9 de marzo del año 2022

Atentamente,



Steven Jholaus Alava Guanopatín

1726198110



Francisco Fabricio Arias Mozo

1723487730

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Steven Jholaus Alava Guanopatín con documento de identificación No. 1726198110 y Francisco Fabricio Arias Mozo con documento de identificación No. 1723487730, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico : " Diseño de la red GPON de la empresa Telerapid S.A en el sector del Carmen Bajo de la ciudad de Quito", el cual 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 concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 9 de marzo del año 2022

Atentamente,



Steven Jholaus Alava Guanopatín

1726198110



Francisco Fabricio Arias Mozo

1723487730

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jhonny Javier Barrera Jaramillo con documento de identificación N° 1400378475, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA TELERAPID S.A EN EL SECTOR DEL CARMEN BAJO DE LA CIUDAD DE QUITO, realizado por Steven Jholaus Alava Guanopatín con documento de identificación No. 1726198110 y Francisco Fabricio Arias Mozo con documento de identificación No. 1723487730, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 9 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. Jhonny Javier Barrera Jaramillo, MsC

1400378475

CARTA DE AUSPICIO



Quito, a 3 de octubre de 2021

Carta de Auspicio

Ing.
GUSTAVO JAVIER CAIZA GUANOCHANGA
DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Presente.

De mis consideraciones. –

Por medio de la presente, quien suscribe en calidad de representante legal / Jefe de al Área Técnica de la Empresa “TELERAPID S.A.”, manifiesto nuestra voluntad de brindar el **AUSPICIO** para que los Sres: Steven J. Alava Guanopatín con C.C. 1726198110 y Francisco F. Arias Mozo con C.C. 1723487730, en su calidad de estudiantes / egresados de la Carrera de Ingeniería Electrónica puedan realizar su Proyecto de titulación con el tema “Diseño de la red GPON para la red FTTH de la empresa TELERAPID S.A., en los sectores del Carmen Bajo en la ciudad de Quito”.

Seguro de contar con su amable atención, me suscribo de Ud.,

Atentamente,

TELERAPID S.A.
PATRICIO JAVIER GUALAVISI SOSA

Atte.
Patricio Javier Gualavisi Sosa
Gerente General – Telerapid S.A.
1721299962

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y todo el esfuerzo que conllevó a mis Padres, Oswaldo y Norma, quienes son muy importantes en mi vida, quienes me han enseñado todos los valores que me identifican en la persona que soy ahora, apoyándome incondicionalmente en el transcurso de mi vida, brindándome su apoyo en todo el período universitario.

A mis familiares y amigos que siempre han estado en los momentos más importantes de mi vida para guiarme y apoyarme.

Steven Alava

Dedico este trabajo principalmente a mi abuelito Francisco que lo considero mi padre, que me ha impartido muchos valores y me apoyó incondicionalmente para cada paso que daba en mi corta vida, de la misma forma a mi madre Patricia que cada esfuerzo que dio me permitió culminar esta difícil carrera, a mi pequeña hermana Paula que soy su ejemplo a seguir que esta tesis la motive a continuar adelante en todas las metas por cumplir, a mi pareja sentimental Evelyn por estar a mi lado en cada decisión y su apoyo incondicional, a mis tías Mariuxi y Paola, que me cuidaron desde pequeño y vieron en mí un gran potencial, de la misma forma a mi pequeña familia que nunca dejó de creer en mí.

A mis amigos por cada consejo impartido, lo cual me ayudaron a encaminarme a un trayecto de metas por cumplir, un crecimiento personal en constante evolución con objetivos para alcanzar en conjunto con su apoyo.

Francisco Arias

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis Padres por haberme guiado en mi carrera ya que con su ayuda he logrado llegar hasta aquí

A mis profesores por su guía y enseñanza que me han impartido a lo largo de los años de estudio.

Agradezco a la empresa TELERAPID y a todo su personal, por el apoyo, paciencia, por compartir sus conocimientos, por permitirme ejecutar este proyecto y finalmente, a mi tutor el Ing. Jhonny Barrera por su guía en del desarrollo de este proyecto.

Steven Alava

Agradezco principalmente a Dios, por darme la fuerza y templanza para continuar con los objetivos que tengo.

A mis profesores por su apoyo, conocimiento y paciencia que nos han entregado a lo largo de esta carrera universitaria.

Al Ing. Jhonny Barrera, gracias por ser el mentor que confió en nosotros, desde 2do semestre que lo conocí hasta el final de la carrera motivándome y presionándome cada vez para ser un profesional competente, por todas las enseñanzas y consejos impartidos en clases, que al final a cada uno se lo tiene presente.

Al Ing. Andrés Gualavisi y Patricio Gualavisi, aparte de colegas son mis amigos, por darnos la oportunidad y la confianza que depositaron para el desarrollo de este proyecto, que vieron en nosotros un gran potencial para poder trabajar de manera conjunta con la empresa TELERAPID.

Y por último a mis amigos que sin ellos no podría estar aquí el día de hoy, que me brindaron todo el apoyo durante la carrera.

Francisco Arias

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
CARTA DE AUSPICIO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
Capítulo 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivo Específicos	3
1.4 Marco conceptual.....	3
1.4.1 Fibra óptica.....	3
1.4.1.1 Fibra monomodo	3
1.4.1.2 Fibra multimodo.....	4
1.4.2 Tecnologías Fiber to the Home (FTTH)	5
1.4.3 Redes GPON. -	5
1.4.3.1 Multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing).....	5
1.4.4 Estándares GPON.....	7
1.4.5 Arquitectura GPON.....	7
1.4.5.1 Optical Line Termination (OLT)	8
1.4.5.2 Red Óptica de Distribución (ODN).....	8
1.4.5.3 Optical Network Terminal (ONT)	9
1.4.5.4 Splitter	9

1.4.5.5 Optical Network Unit (ONU)	9
1.4.5.6 Network Access Point (NAP).....	9
1.4.5.7 Clases de cables ópticos.....	9
1.4.5.9 PatchCORD.....	10
1.4.5.10 Rack.....	10
1.4.5.11 Mangas	10
1.4.5.12 Herrajes.....	11
Capítulo 2	12
2.1 Antecedentes	12
2.1.1 Descripción de la empresa.....	12
2.1.2 Misión.....	12
2.1.3 Visión	13
2.1.4 Ubicación	13
2.1.5 Áreas de estudio de la empresa TELERAPID S.A	14
2.2 Línea de negocio	14
2.3 Análisis del sector	15
2.3.1 Ubicación del sector El Carmen Bajo	15
2.3.2 Estudio de mercado	15
2.3.3 Estudio de posibles nuevos usuarios	16
2.4 Encuestas	16
2.4.1 Cálculo de la Muestra.....	16
2.4.2 Análisis de los Resultados de la Encuesta.....	18
2.5 Determinación de zonas para el Diseño de la red GPON	18
2.6 Proyecciones a 5 años de la Demanda	20
2.7 Problemas Detectados.....	20
2.8 Requerimientos para la red GPON	21
Capítulo 3	22
DISEÑO DE LA PROPUESTA	22
3.1 Metodología	22
3.1.1 Fases de la Metodología.....	22
3.2 Diseño de la red GPON.....	23
3.2.1 Descripción de la Central del Carmen Bajo	24
3.2.2 Rutas y Áreas de Dispersión	25
3.2.3 Cobertura de Cajas de Distribución NAPs.....	27
3.2.4 Cálculo de la red de acceso	27

3.2.5 Análisis de los Distritos	28
3.2.5.1 Distrito A	28
3.2.5.2 Distrito B	30
3.2.5.3 Distrito C	31
3.2.5.4 Distrito D.....	32
3.2.6 Planes de servicio de la empresa	33
3.3 Cálculos de Enlace	33
3.3.1 Presupuesto óptico.....	33
3.3.2 Red de distribución.....	36
3.3.2.1 Splitter	36
3.3.2.2 Optical Distribution Frame (ODF).....	37
3.3.3 Relación de División	37
3.4 Equipamiento Seleccionado.....	38
3.5 Análisis Económico	39
3.5.1 Valor Actual Neto (VAN).....	40
3.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	41
3.5.3 Recuperación del capital (PRC).....	42
Capítulo 4	44
SIMULACIÓN DE LA RED GPON.....	44
4.1 Parámetros para la simulación de la red GPON.....	44
4.1.1 Cálculo de Downstream	45
4.1.2 Cálculo de Upstream	46
4.2 Arquitectura de la red FTTH	47
4.2.1 Configuración de la OLT	48
4.2.2 Configuración de la ODN	49
4.2.3 Configuración de la ONT	50
4.3 Análisis de la Simulación	51
4.3.1 Enlace Downstream.....	52
4.3.2 Enlace Upstream	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
Bibliografía.....	58
Anexos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fibra monomodo	4
Figura 1.2 Fibra multimodo.....	4
Figura 1.3 Multiplexación	5
Figura 1.4 Downstream en WDM	6
Figura 1.5 Upstream en WDM	7
Figura 1.6 Esquema de una red GPON.....	8
Figura 2.1 TELERAPID S.A.....	12
Figura 2.2 Oficinas de TELERAPID S.A.....	13
Figura 2.3 Ubicación del Carmen Bajo	15
Figura 2.4 Distritos del Carmen Bajo	19
Figura 3.1 Diagrama esquemático GPON de TELERAPID S.A	23
Figura 3.2 Conexión cuarto de equipos al nodo del Carmen Bajo	24
Figura 3.3 Ubicación de equipos en Cuarto de Comunicaciones	25
Figura 3.4 Planimetría del tendido de fibra óptica	26
Figura 3.5 Área Distrito A.....	29
Figura 3.6 Área Distrito B	30
Figura 3.7 Área Distrito C	31
Figura 3.8 Área Distrito D.....	32
Figura 3.9 Splitter	36
Figura 3.10 Optical Distribution Frame (ODF).....	37
Figura 4.1 Red FTTH.	47
Figura 4.2 Simulación de la OLT	48
Figura 4.3 Simulación de la ODN	50
Figura 4.4 Simulación de la ONT.....	50
Figura 4.5 Características diagrama de ojo	51
Figura 4.6 Espectro señales totales de datos y video en downstream	53
Figura 4.7 Diagrama de ojo en el sentido downstream	53
Figura 4.8 Espectro de la señal total de datos y video en upstream	55
Figura 4.9 Diagrama ojo en el sentido upstream	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valores de Niveles de confianza	17
Tabla 2.2 Datos de clientes y negocios del sector del Carmen Bajo	20
Tabla 2.3 Proyecciones de la demanda sector el Carmen Bajo	20
Tabla 3.1 Repartición cajas NAP	27
Tabla 3.2 Información del enlace para conexión del nodo A	28
Tabla 3.3 Ubicación de cajas NAP y mangas.....	29
Tabla 3.4 Ubicación de cajas NAP y mangas.....	31
Tabla 3.5 Ubicación de cajas NAP y mangas.....	32
Tabla 3.6 Ubicación de cajas NAP y mangas.....	33
Tabla 3.7 Descripción de Costos de planes de Internet.....	33
Tabla 3.8 Presupuesto óptico del Distrito A.....	34
Tabla 3.9 Presupuesto óptico del Distrito B	34
Tabla 3.10 Presupuesto óptico del Distrito C	35
Tabla 3.11 Presupuesto óptico del Distrito D.....	35
Tabla 3.12 Principales características de los equipos escogidos	38
Tabla 3.13 Costo referencial activos fijos	39
Tabla 3.14 Costo referencial Materiales	40
Tabla 3.15 Costo Presupuesto Final	40
Tabla 4.1 Espectro señales de datos y video en downstream	52
Tabla 4.2 Espectro señales de datos y video en upstream	54

RESUMEN

Sin lugar a duda, la pandemia mundial del coronavirus, entre otras cosas, obligó a cambiar de forma radical nuestra sociedad y sus actividades cotidianas en los ámbitos de educación, trabajo, entretenimiento, comunicación e interacción que se desarrollaban principalmente de forma presencial, y que debieron volcarse a entornos virtuales promovidos por el uso de tecnologías y plataformas online.

Por otra parte, el acelerado desarrollo tecnológico que vivimos actualmente obliga a que las empresas proveedoras de internet o ISP (Internet Services Provider) deban evolucionar para ofrecer servicios eficientes de conexión, usando redes de categoría escalables, seguras que se adaptan a los avances tecnológicos, con el propósito de brindar un servicio con mayor velocidad, cobertura y calidad en la transmisión de datos de un usuario a varios.

El principal objetivo del actual proyecto técnico es un diseño de red de fibra óptica para el sector del Carmen Bajo en la ciudad de Quito, la cual se basa en un estándar de GPON con normativa ITU-T G984.x, la cual garantiza velocidades comprendidas entre 2.5 Gbit/s - 1.25 Gbit/s.

El diseño cubre 4 distritos, con sus referentes elementos de instalación, los cálculos de los enlaces, el presupuesto óptico referencial para su implementación del proyecto. Para la evaluación del desempeño de la red diseñada se usó el software OptiSystem mediante una simulación que permitió, evidenciar el comportamiento referente a las señales de datos transportadas y verificar la funcionalidad de la infraestructura para el usuario final

Palabras Clave: FTTH, GPON, ODN, OLT, ONT

ABSTRACT

Without a doubt, the global coronavirus pandemic, among other things, forced our society and its daily activities to radically change in the areas of education, work, entertainment, communication, and interaction, which were mainly carried out in person, and which they had to turn to virtual environments promoted using some online technologies and platforms.

The technological development that we are currently experiencing forces Internet service providers or ISP (Internet Services Provider) companies to evolve to offer efficient connection services using scalable, secure category networks that adapt to technological advances, with the purpose of providing a service with greater speeds, coverage, and quality in the transmission of data from one user to several.

The central objective of the current technical project is a fiber optic network design for the Carmen Bajo sector in the city of Quito, which is based on a GPON standard with the ITU-T G984.x standard, which guarantees speeds of use between 2.5 Gbit/s - 1.25 Gbit/s.

The design covers 4 districts, with their installation elements references, link calculations, the referential optical budget for project implementation. For the evaluation of the performance of the designed network, the OptiSystem software was used through a simulation that demonstrated, evidence the behavior of reference to the data signals transported and verify the functionality of the infrastructure for the end user.

Key Words: FTTH, GPON, ODN, OLT, ONT

INTRODUCCIÓN

El actual proyecto de titulación se encuentra dividido en varios capítulos que son 4, en los cuales se documenta el análisis, diseño y simulación de la red con tecnología de fibra óptica GPON para la empresa TELERAPID S.A cuya misión es suministrar el servicio de internet al sector del Carmen Bajo en la ciudad Quito, resolviendo el problema de la mayoría de usuarios que poseen internet de baja velocidad con tecnologías de cobre. Este proyecto brindará una excelente experiencia al consumidor que busca los beneficios que TELERAPID S.A ofrece, en este caso internet de banda ancha con tecnología de fibra óptica. A continuación, se detalla de forma general el contenido de los capítulos desarrollados:

Capítulo 1 presenta los antecedentes, los objetivos planteados y el sustento teórico que permiten comprender el tipo de tecnología que se empleó para el diseñado de la dicha red.

Capítulo 2 ejecuta el estudio de la situación actual, evaluando la demanda de usuarios para determinar el alcance del proyecto. Se revisa la infraestructura actual, los equipos que posee y la cobertura del servicio, entre ellos los puntos de conexión desde la central hasta el sector de atención.

Capítulo 3 expone el diseño de red de fibra óptica GPON, perfeccionada con metodología tipo TOP-DOWN, en 4 distritos. Detalla la red de los equipos activos, diferentes cálculos de enlaces, la topología física y lógica, así como el presupuesto óptico que incluye un estudio de índole económico el cual permite verificar la inversión y rentabilidad para el proyecto.

Capítulo 4 realiza una simulación de red, mediante un software llamado OptiSystem, en el cual se detalla diferentes pruebas de potencia, donde se verifica el funcionamiento de la red actual, varios diagramas donde indican las señales de datos generadas desde la OLT hacia la ONT.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

TELERAPID S.A es una sociedad de carácter privada, la cual se dedica principalmente a instalar, y operar nodos de telecomunicaciones, redes de acceso y transporte, con tecnologías guiadas o inalámbricas a nivel local y nacional, cuya matriz se localiza al norte de la ciudad de Quito. Actualmente, esta empresa se desempeña en realizar estudios de satisfacción de conectividad en sectores rurales y/o aledaños a la ciudad de Quito, con el fin de establecer si los servicios e infraestructura de las empresas proveedoras logran abastecer la demanda de los consumidores.

El estudio realizado por TELERAPID S.A, muestra 2 problemas en la red actual del sector del Carmen Bajo que provocan que los clientes residenciales y corporativos busquen nuevas opciones: el primero es la limitada velocidad de Internet que se puede ofrecer usando cobre y el segundo, es la inestabilidad de la conexión por efectos del ambiente, que pueden ser provocados por interferencias de tipo electromagnéticas y cambios climáticos.

El actual proyecto, tiene el objetivo de diseñar la infraestructura necesaria para el levantamiento de una red GPON en los segmentos tanto de planta interna como externa, para mejorar el problema de las redes de cobre, aplicando la normativa ITU –T G984 en el sector del Carmen Bajo. Según un análisis previo, existen muchos problemas con los servicios de conexión a internet ofrecidos por diferentes proveedores, que operan actualmente con la tecnología de cobre como medio de transporte.

La empresa TELERAPID S.A actualmente posee la infraestructura técnica y operativa suficiente para implementar el servicio de internet mediante tecnología de fibra óptica, lo

cual constituye una gran ventaja para optimizar la cobertura y el servicio que se brinda a los habitantes del sector indicado y de esta manera atender a sus necesidades y a la creciente demanda por mejores servicios de conectividad.

1.2 Justificación

El actual proyecto aparece con la necesidad que tiene TELERAPID S.A. en cuanto a la implementación de una red basada en tecnología de fibra óptica, donde brinda el servicio de conexión a internet para los moradores del Carmen Bajo resolviendo el problema de las bajas velocidades insuficientes que brindan las tecnologías de cobre, así como los problemas debido a la intermitencia de los enlaces actuales.

El actual proyecto está enfocado a los consumidores que busquen un servicio eficiente, donde TELERAPID S.A puede ofrecer sus beneficios, y de la misma permitirá que la empresa se fortalezca en mercados de pequeños y medianos ISP en la ciudad de Quito.

El desarrollo de una red GPON en el sector del Carmen Bajo, permitirá a la empresa ampliar su distribución de red, para ampliar las opciones de conectividad a los clientes que buscan estos beneficios, con el objetivo de brindar redes optimizadas y enlaces con mayor ancho de banda a comparación de la competencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar la red GPON de la empresa TELERAPID S.A para brindar el servicio de internet mediante fibra óptica en el sector del Carmen Bajo de la ciudad de Quito.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Analizar el estado de la red actual de TELERAPID S.A y la infraestructura requerida para el diseño de la red GPON.
- Diseñar la red GPON desde la red del proveedor hasta la red del abonado para el cumplimiento de los parámetros definidos en el diseño
- Establecer un prototipo de una red funcional en el simulador a partir de la red diseñada para ver el comportamiento de la red y la verificación de su funcionalidad.
- Simular la red diseñada a nivel de capa física para la comprobación del presupuesto óptico.
- Analizar los costos del diseño de la red para la verificación de su factibilidad.

1.4 Marco conceptual

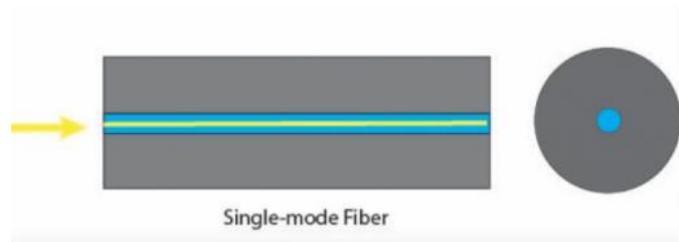
1.4.1 Fibra óptica

Es una tecnología que se usa para transmitir información y tráfico de datos en forma de pulsos de luz, que se lleva a cabo mediante hilos de fibra tanto como materiales de vidrio o de plástico, a través de larga distancias y de forma más rápida que otros medios alámbricos. (Grazzini, 2020)

1.4.1.1 Fibra monomodo

La fibra monomodo es un tipo de cable que transporta la luz como un rayo directo, que al ser un diámetro pequeño el camino que tiene que seguir es pequeño, haciendo que el rayo viaje de forma directa, teniendo un núcleo reducido como se observa en la Figura 1.1 el cual se utiliza para largas distancias y grandes anchos de banda. (Pinanson , 2021)

Figura 1.1 Fibra monomodo

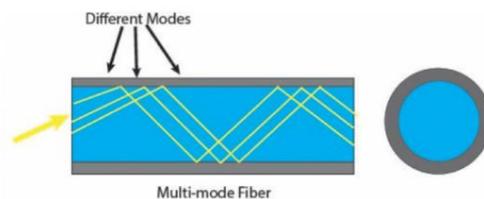


Modo de funcionamiento de fibra monomodo, Fuente: (Cisco, 2018).

1.4.1.2 Fibra multimodo

Este tipo de fibra tiene un diámetro mayor en comparación a la monomodo, de forma que pueden viajar más rayos de luz, en este caso van directo o se reflejan en el cladding que va a cubrir el núcleo, esto va a producir dispersión en la luz, provocando que el fenómeno limite el ancho de banda al transmitir, por lo que se usa para pequeñas distancias y anchos de banda. (Pinanson, 2021)

Figura 1.2 Fibra multimodo



Modo de funcionamiento de fibra multimodo, Fuente: (Cisco, 2018).

Como se observa en la Figura 1.2, el núcleo de este tipo de cable es de mayor tamaño en comparación con la fibra monomodo, por lo que puede transmitir mayor tipo de datos al tener más modos de propagación.

1.4.2 Tecnologías Fiber to the Home (FTTH)

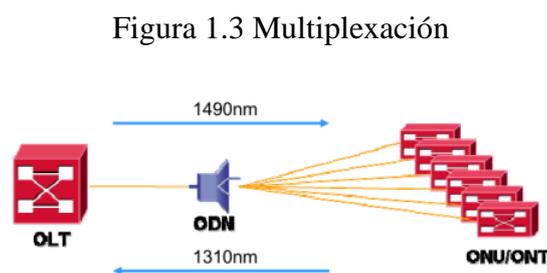
A esta tecnología se refiere a la implementación y uso de fibra óptica que va desde el punto central hacia los diferentes edificios y zonas residenciales como apartamentos y empresas, que van a necesitar el servicio de internet de banda ancha. (TechTarget, 2020)

1.4.3 Redes GPON. -

Las redes GPON son aquellas que poseen una capacidad de tráfico como máximo de 2.5 Gbps de descarga y 1.25 de subida, lo que hace que posea una estabilidad y escalabilidad en conexiones de banda ancha. (Furukawa Electric LatAm, 2021)

1.4.3.1 Multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing)

Este tipo de multiplexación es una técnica de transmisión por fibra óptica donde va a utilizar algunas longitudes de onda de luz, el cual envía tráfico de datos en un mismo medio, se transmite varias señales en diferentes frecuencias y longitudes en el espectro. En la Figura 1.3, se aprecia de forma gráfica el funcionamiento WDM. (Sánchez, 2019)



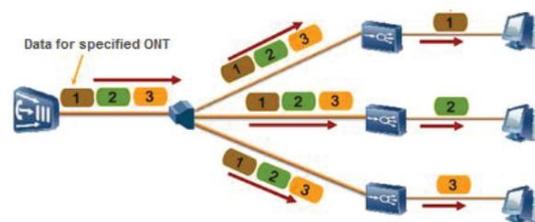
Funcionamiento de multiplexación en GPON. Fuente (Huawei , 2011)

1.4.3.1.1 Downstream

En la transmisión descendente de GPON, la fibra óptica troncal de la OLT GPON se divide en N fibras ramificadas a través de un divisor óptico 1: N, y los datos se transmiten

a las fibras ramificadas en modo de transmisión. Cada fibra ramificada contiene los mismos datos que la fibra troncal. Una vez que los datos transmitidos llegan a una ONU, la ONU solo acepta los datos destinados a ella y descarta los datos que no están destinados a ella. En la Figura 1.4, indica la dirección de los datos que son transmitidos en bajada, donde cada cuadro de color representa el tráfico de paquete de datos desde su división hasta la entrega de cada usuario, en este caso 3 máquinas. (Router-Switch, 2020)

Figura 1.4 Downstream en WDM



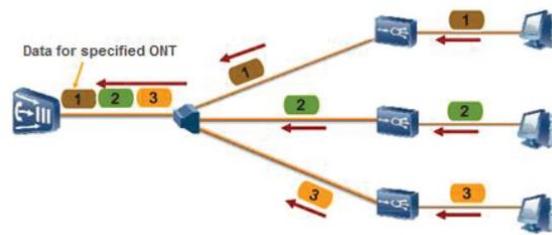
Funcionamiento de bajada de datos en multiplexación WDM. Fuente (Huawei , 2011)

1.4.3.1.2 Upstream

En la transmisión ascendente de GPON, los datos de diferentes ONU se transmiten en sentido ascendente a través de las respectivas fibras ópticas ramificadas. Los datos convergen después de pasar a través de divisores ópticos. De modo ascendente, la multiplexación por división de tiempo (TDM) se utiliza para tráfico de datos. El enlace de subida se va a dividir en varios intervalos de tiempo. El intervalo de tiempo para que cada ONU transmita datos está programado y autorizado de forma centralizada por la OLT. (Router-Switch, 2020)

En la Figura 1.5, indica la dirección de los paquetes de datos transmitidos en subida, representados por cuadros de colores los paquetes de datos que son enviados desde el cliente hasta ser receptados por una ONT.

Figura 1.5 Upstream en WDM



Funcionamiento de subida de datos en multiplexación WDM. Fuente (Huawei , 2011)

1.4.4 Estándares GPON

La tecnología GPON viene a ser la tercera generación de protocolo PON, los protocolos GPON vienen especificados con las normas ITU-T G984 serie, gracias a estas normas esta tecnología se desarrolló para incrementar la velocidad de transmisión de datos que han cambiado a lo largo del tiempo. (Castro, 2019)

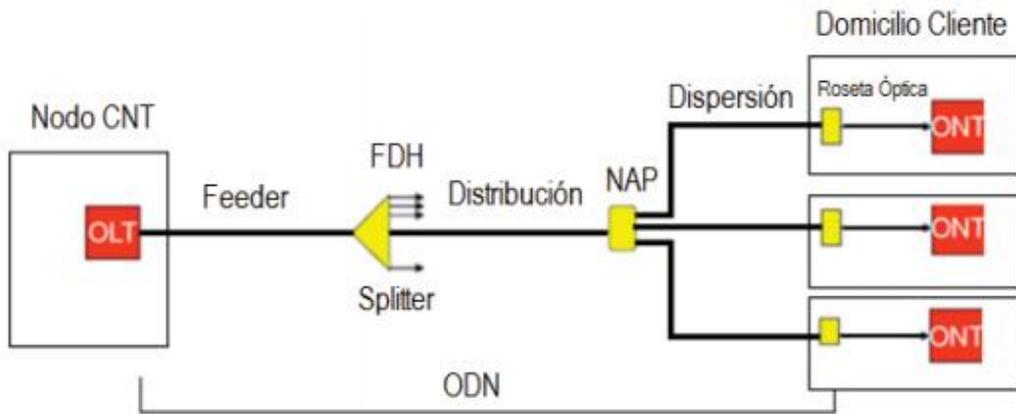
Las normas ITU-T G.984.x ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) (ITU-T, 2011) son muy extensas y complejas como se pueden observar en Anexo 9, las cuales ayudan a tomar certificaciones de topologías GPON y la base del diseño, también brinda un criterio para poder optimizar varios recursos de elementos pasivos, y tener la visión de diseños enfocados a la optimización después de la construcción. (Castro, 2019)

1.4.5 Arquitectura GPON

La tecnología GPON tiene características muy generales para el sistema de terminación de línea óptica OLT (Optical Line Termination), la terminación de red óptica ONT (Optical Network Terminal), la unidad de red óptica ONU (Optical Network Unit) con la red de distribución óptica ODN (Red Óptica de Distribución), que interconectan de forma pasiva. (Castro, 2019)

A continuación, en la Figura 1.6, muestra los elementos que conforman una red GPON, donde hay una relación entre la OLT y ONU/ONT, debido al uso del splitter, como su nombre mismo lo indica es dividir la señal de entrada a diferentes salidas según su configuración, como se observa en la imagen se distribuye las señales a diferentes cajas de distribución.

Figura 1.6 Esquema de una red GPON



Representación de una red GPON y sus componentes. Fuente (CNT, 2015)

1.4.5.1 Optical Line Termination (OLT)

Es un equipo activo importante de la red, ya que está encargado de conectar los diferentes tipos de red de distribución (ODN), con numerosos equipos del proveedor del servicio de internet donde su función principal es transferir señales ópticas. (Fernández, 2021)

1.4.5.2 Red Óptica de Distribución (ODN)

Es el medio para la transmisión óptica de las conexiones que van desde la ONU hacia la OLT. Las ODN posee cinco segmentos: Fibra de distribución, Fibra de alimentación, Punto de distribución óptica, Divisor de Fibra, punto de acceso óptico. (Sheldon, 2018)

1.4.5.3 Optical Network Terminal (ONT)

Es un equipo terminal el cual transforma los pulsos de luz de la fibra óptica en señales eléctricas de cobre, su principal ventaja es gestionar los datos bidireccionales tanto desde la ONT a la OLT o de manera inversa. (Concha Asadobay & Tituaña Canchig, 2021)

1.4.5.4 Splitter

Un splitter de fibra óptica es un elemento que recibe una señal de fibra óptica a la entrada y la divide en varias señales a su salida, no necesita energizarse por medio de fuentes externas, se puede encontrar splitters de 1x4, 1x8, 1x16 y 1x32. (Quarters, 2021)

1.4.5.5 Optical Network Unit (ONU)

Se denomina a la terminal de la red óptica, se divide en una red óptica activa y pasiva. Generalmente todos los dispositivos que poseen receptores ópticos, transmisores ópticos de enlace de subida, y equipos de monitoreo de red, se denomina nodos ópticos.

1.4.5.6 Network Access Point (NAP)

La caja NAP se usan en la tecnología FTTH, su principal función es derivar los hilos que entran a distintos tramos e interconectar a otra NAP, y llegar a los usuarios finales. (Hernández, 2018)

1.4.5.7 Clases de cables ópticos

El cable óptico o también nombrado fibra óptica es un tipo de cable, en el cual la transmisión de datos es por haz de luz. Para su construcción generalmente se usa vidrio o plástico con buenas características ópticas.

El cable óptico está conformado por filamentos de fibra óptica en el interior del revestimiento. Posee propiedades físicas por el cual la transmisión de datos de una onda de luz modulada (en lugar de transmitir por medio corriente eléctrica) indica que la transmisión no tiene ninguna afección por factores externos. Esta solución es usada con mayor frecuencia a la hora de transmitir una señal de imagen o de audio digital. (T.E.M , 2019)

1.4.5.8 Cable Aéreo

La estructura del cable es de naturaleza holgada para ser utilizada en estructuras aéreas, está formado de material de acero para soportar la tensión mecánica que existe a lo largo del tendido.

1.4.5.9 PatchCORD

El patchcord es un tipo de cable para conexión de fibra óptica, el cual va conectado al ODF, normalmente está compuesto por un hilo de fibra óptica, el cual está recubierto por una chaqueta. Su longitud puede variar y sus conectores dependerán del tipo de conexión.

1.4.5.10 Rack

En las telecomunicaciones el rack es una estructura metálica, el cual posee diferentes tamaños y formas según sus necesidades y fabricante, su función principal es soportar los equipos activos, caja de distribución óptica y patchcords entre otros. Una de sus aplicaciones más importantes el rack se utiliza para cableado estructurado, se lo puede montar en la pared, en el piso, dependiendo de su función, forma y tamaño.

1.4.5.11 Mangas

Las mangas en las telecomunicaciones cumplen un papel fundamental, ya que sirve como protección para interconectar varios hilos de fibra óptica en la fusión, al momento de la

implementación de la red, por ende, la gran resistencia que posee esta estructura sirve para soportar condiciones muy extremas. A su vez la manga cumple la función de sangrar el cable de tipo óptico lo que conlleva este proceso es derivar en hilos de fibra óptica que son fusionados con otros hilos pertenecientes a otro cable óptico.

1.4.5.12 Herrajes

Cuando se habla del tendido aéreo, el cable óptico se sujeta en postes por medio de herrajes, su construcción principalmente está hecha de acero galvanizado, su principal misión es retener el cable óptico del poste mediante collarines o cinta acerada, donde se abraza el poste para poder adherirse, existen dos tipos de herrajes: tipo A y tipo B.

CAPÍTULO 2

2.1 Antecedentes

2.1.1 Descripción de la empresa

TELERAPID SA. es una empresa innovadora que presta de servicios en el sector de telecomunicaciones. Tiene una extensa experiencia en implementación de infraestructura física de redes de transmisión, datos y energía para tecnologías GPON, oferta diferentes tipos de servicios de telecomunicaciones e ingeniería de software dentro del país. Además de ofertar planes de internet de alta velocidad con fibra óptica, también desarrolla proyectos siguiendo las mejores metodologías en diseño y construcción para un resultado eficaz.

Figura 2.1 TELERAPID S.A



Logo de la empresa TELERAPID S.A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

2.1.2 Misión

TELERAPID S.A. es una compañía comprometida con el crecimiento económico y desarrollo sustentable de la sociedad, que cuenta con tecnología de punta y personal altamente capacitada en compensar las necesidades de nuestros usuarios, ofreciendo servicios con calidad en el campo de las telecomunicaciones que comprende la construcción, diseño y mantenimiento de redes, brindamos servicios de arquitectura e ingeniería civil: construcción, diseño y acabados de viviendas, edificios comerciales, industriales y lugares turísticos, obras civiles de viabilidad y fiscalización a nivel nacional. (TELERAPID S.A, 2021)

2.1.3 Visión

Su objetivo en cinco años será liderar el mercado de telecomunicaciones, construcción y obras de ingeniería civil y arquitectónica. Ampliará su actividad en lo que se refiere a la importación, exportación y comercialización de bienes de todo tipo de materia prima y otros productos destinados para las industrias en general.

Así lograremos fortalecer la promoción de los servicios mediante un estudio de marketing, por lo que contamos con profesionales responsables y altamente capacitados, para brindar asesoramiento de calidad para compensar las necesidades de nuestros usuarios tanto nacional como internacional. (TELERAPID S.A, 2021)

2.1.4 Ubicación

La empresa TELERAPID S.A, posee su oficina matriz en la provincia de Pichincha, al norte de la ciudad de Quito, en las calles Gral. Rumiñahui N58F E13-249 y Rio Laos con latitud $0^{\circ}7'34.35''S$ y longitud $78^{\circ}28'1.08''O$, en la Figura 2.2 se representa mediante un croquis su ubicación.

Figura 2.2 Oficinas de TELERAPID S.A



Ubicación geográfica de la empresa TLERAPID S.A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

2.1.5 Áreas de estudio de la empresa TELERAPID S.A

Actualmente la empresa se encuentra realizando estudios de diseño para sectores rurales en los cuales la infraestructura de las empresas competidoras no pueden abastecer la demanda de la clientela. Algunos de los sectores de intervención de TELERAPID son:

- Parroquia Comité del Pueblo
- Parroquia Nanegalito
- Parroquia Calacalí
- Parroquia San Miguel de los Bancos

El diseño de la red GPON, objeto del presente trabajo, se va a realizar en el sector del Carmen Bajo, que se encuentra dentro de la Parroquia Comité del Pueblo.

2.2 Línea de negocio

La empresa TELERAPID S.A. presta servicios en varias ciudades del Ecuador. Con la experiencia acumulada dentro del sector de Telecomunicaciones por 17 años cuenta con la solidez para dar soporte al montaje y desarrollo de proyectos de instalación de infraestructura física para redes de telecomunicaciones, la integración de frentes de trabajo habilita un servicio completo de portafolio de servicios en el área de la ingeniería, el cual se enfocan en frentes básicos como: Mecánica, Eléctrica, Civil y Telecomunicaciones, con el fin de ofrecer soluciones integrales en estas áreas, se brinda el servicio en etapas preliminares de estudios y diseños hasta la culminación a satisfacción completa del proyecto.

2.3 Análisis del sector

2.3.1 Ubicación del sector El Carmen Bajo

El sector del Carmen Bajo se ubica en el noroccidente de la ciudad de Quito, dentro de la Parroquia del Comité del Pueblo y está limitada entre las calles José Bustos y C. Agustín Yerovi. Este sector posee un área de 1'451.157m²

Figura 2.3 Ubicación del Carmen Bajo



Ubicación geográfica del sector del Carmen Bajo. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

2.3.2 Estudio de mercado

De acuerdo al estudio poblacional realizado, los últimos 10 años, la ciudad de Quito ha evidenciado un crecimiento exponencial en las conexiones de Internet, proporcionalmente la demanda del servicio, por causa de la Pandemia que inició en febrero del 2020. Por los datos entregados por el INEC para el sector del Carmen Bajo, se verificó un crecimiento en las tecnologías de comunicación e información, lo cual el crecimiento de clientes de internet de 350 a 1421, donde solo está satisfecha la demanda para el 45.50% de los hogares. (INEC, 2020)

2.3.3 Estudio de posibles nuevos usuarios

En base al estudio de mercado que se realizó en el sector de estudio, apoyado con visitas a campo para la recolección de información se determinó la existencia de 3123 predios, de ellos 2295 pertenecen al sector residencial y 828 pertenecen al sector empresarial. Con la ayuda de las encuestas realizadas, encontramos problemas referentes a la calidad de conexión de Internet en el sector del Carmen bajo por ende un pequeño nicho de mercado para el levantamiento de esta red.

2.4 Encuestas

Las encuestas realizadas en el sector del Carmen Bajo dentro del área de diseño de la red GPON se encuentran en el Anexo1, permitió conocer el nivel de satisfacción en los servicios de telecomunicaciones ofertados por los proveedores que operan en el sector. Algunos de los ítems evaluados son: costo, soporte y velocidad de los enlaces como se observa en el Anexo 2.

Durante las visitas realizadas para el levantamiento de información, se consideraron los medidores de luz existentes, lo cual representa a un posible nuevo cliente. Con la información obtenida por la empresa TELERAPID S.A, en la Tabla 2.3 se puede apreciar una proyección de 54 clientes para el primer año de funcionamiento de la red.

2.4.1 Cálculo de la Muestra

Una vez definido el número de posibles clientes, en el sector de estudio, determinamos la muestra según su tamaño, de esa manera aplicar encuestas orientadas a establecer el nivel de aceptación del servicio de Internet con respecto a otros proveedores de servicio.

Para el presente estudio se utilizó la fórmula de muestra de población finita debido a la población a estudiar es menor a 100 000, la fórmula de muestra finita es la siguiente fórmula: (Martínez Bencardino, 2012)

$$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + Z^2 * p * q} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

η = Tamaño buscado de muestra

N= Tamaño de la población o Universo

Z= Parámetro estadístico dependiente del nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q= (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento

Tabla 2.1 Valores de Niveles de confianza

Nivel de confianza	Z_{α}
99,7 %	3
99 %	2,58
98 %	2,33
96 %	2,05
95 %	1,96
90 %	1,645
80 %	1,28

Parámetros para elegir el valor de Zalfa. Fuente (Scheaffer, 2007)

Como se muestra la Tabla 2.1, para utilizar un valor de Zalfa, se establecer un nivel de confianza, para casos de estudio de muestra, se tiene como indicadores generales 90%, 95% y 99%, para una estadística sólida, en este caso se considerará 95% ya que este valor coincide con los resultados obtenidos de la población. Entonces el Zalfa de 1.96 para utilizará para calcular el tamaño de muestra.

$$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 3123}{0.05^2 * (3123 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$\text{Tamaño de Muestra} = 342.12 \approx 342 \text{ encuestas}$$

Con el cálculo de la fórmula se obtuvo como resultado que se deben realizar 342 encuestas, cada encuesta representa a un usuario residencial en el sector del Carmen Bajo.

2.4.2 Análisis de los Resultados de la Encuesta

Se efectuaron 342 encuestas en total, en el sector del Carmen Bajo, las mismas que constaban de 6 preguntas como se observar en el Anexo 2, orientadas principalmente a evaluar los servicios brindados por los proveedores de que operan actualmente en el sector del Carmen Bajo y así como la posibilidad de adquisición de los planes de Internet con otra empresa.

2.5 Determinación de zonas para el Diseño de la red GPON

Para efectos de aplicar un diseño modular, el sector de estudio del presente proyecto, ubicado en el Carmen Bajo se dividió en cuatro zonas o distritos. Los distritos A, B y D representa al sector Urbano, donde se ubican la mayoría de clientes residenciales del sector, y es un área donde existe una gran cantidad de posibles clientes que solicitarían la red GPON en caso de ser implementada en un futuro. El distrito C corresponden al sector

rural, donde existe un menor número de posibles clientes e incluso algunos no poseen ningún servicio de Internet. Gráficamente se representa la división realizada en la Figura 2.4:

Figura 2.4 Distritos del Carmen Bajo



Distritos en el diseño de la red GPON. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

A partir del plano de los distritos, se contabilizó de forma manual a cada abonado usando el medidor de luz. Se verificó que en el distrito A existen 550 clientes y 82 negocios, en el distrito B existen 1220 clientes y 103 negocios, en el distrito C existen 246 clientes y 21 negocios y en el distrito D existen 279 clientes y 22 negocios, como determina la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Datos de clientes y negocios del sector del Carmen Bajo

Distrito	Número de clientes residenciales en el sector del Carmen Bajo	Número de clientes con negocios comerciales en el sector del Carmen Bajo
A	550	82
B	1220	103
C	246	21
D	279	22

Número de viviendas y negocios por distritos en el sector del Carmen Bajo. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

2.6 Proyecciones a 5 años de la Demanda

La empresa TELERAPID S.A provee una lista de valores en los cuales detalla el crecimiento de la demanda para 5 años como se puede ver en la Tabla 2.3. En esta proyección se considera como parámetros principales el tiempo operativo de los equipos activos de la red y el crecimiento poblacional que puede variar con el siguiente censo que pueda realizarse.

Tabla 2.3 Proyecciones de la demanda sector el Carmen Bajo

AÑOS PROYECTADOS	PLAN ESTUDIANTIL		TOTAL	PLAN RESIDENCIAL		TOTAL	PLAN EMPRESARIAL		TOTAL	GANANCIAS MENSUALES	GANANCIAS ANUALES
	%	# DE USUARIOS		%	# DE USUARIOS		%	# DE USUARIOS			
AÑO 1	3,00%	50	\$ 1.535,00	0,10%	2	\$ 69,44	0,10%	2	\$ 91,91	\$ 1.696,35	\$ 20.356,16
AÑO 2	4,00%	67	\$ 2.045,46	0,20%	3	\$ 135,92	0,20%	3	\$ 179,89	\$ 2.361,28	\$ 28.335,34
AÑO 3	5,00%	81	\$ 2.497,25	0,30%	5	\$ 199,13	0,30%	5	\$ 263,55	\$ 2.959,94	\$ 35.519,22
AÑO 4	6,00%	95	\$ 2.920,33	0,40%	6	\$ 258,74	0,40%	6	\$ 342,45	\$ 3.521,52	\$ 42.258,21
AÑO 5	7,00%	108	\$ 3.311,99	0,50%	8	\$ 314,40	0,50%	8	\$ 416,12	\$ 4.042,50	\$ 48.510,06

Proyección de la demanda a 5 años. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

2.7 Problemas Detectados

Según un estudio realizado por la empresa, existen varios problemas en las redes actuales que provocan que los clientes busquen nuevas opciones. Entre los problemas más importantes se encuentran:

- Existe una limitada velocidad en los enlaces de Internet que se ofrecen actualmente, debido al uso de medios de como la principal tecnología que usan las operadoras en los planes tanto residenciales como corporativos.
- Deben realizarse visitas técnicas de forma permanente para resolver los inconvenientes por la interferencia en los equipos debido a problemas como los cambios climáticos, interferencias electromagnéticas o por efectos causados por la manipulación del usuario.
- Hay una ausencia de la escalabilidad y crecimiento de las redes de transporte actuales, que están teniendo problemas de cobertura o de línea de visión para los abonados que desean contratar un servicio de Internet.
- La mala administración y gestión de la red, puede convertirse en un objetivo vulnerable para usuarios mal intencionados, que pueden provocar caídas de red y problemas a futuro.
- Existe un problema latente de seguridad en los equipos de los usuarios que siguen utilizando tecnología ADSL, la cual presenta un conjunto de vulnerabilidades en su firmware que la hace propensa a ciberataques.

2.8 Requerimientos para la red GPON

Con los principales problemas detectados, los requerimientos que deberá cumplir la empresa como parte del presente proyecto orientado a diseñar una red de transporte basada en GPON en el sector, son los siguientes:

- Proporcionar un servicio de calidad en los enlaces de internet permitiendo el envío y entrega de paquetes de información en tiempos menores y sin pérdidas.
- Los equipos de la central que gestionarán la red GPON, deben permitir una administración basada en una interfaz gráfica para un monitoreo funcional de la red.
- Brindar una solución que permita ampliar su área de cobertura sin dificultades y sea escalable para abarcar la demanda de nuevos clientes, para proporcionar a los usuarios este servicio que han sido negados por razones de distancia.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.1 Metodología

El actual trabajo representa el diseño GPON de la red, mismo que incorporó la metodología TOP-DOWN, que tiene como base el conjunto de varias fases sistemáticas que describen el desarrollo del proyecto.

3.1.1 Fases de la Metodología

Para este proyecto se analizaron las siguientes fases:

1. Estudiar las necesidades de la empresa TELERAPID S.A.
2. Desempeñar una investigación geográfica del sector del Carmen Bajo
3. Recopilar información del sector de estudio de cada vivienda.
4. Compilar información de postes: cajas telefónicas, transformadores, cajas de distribución, mediante dispositivo GPS.
5. Realizar el diseño de las rutas de acceso del sector.
6. Seleccionar los implementos correctos para el efectuar el diseño GPON: cajas de dispersión, cajas de distribución, splitters, herrajes, entre otros.
7. Escoger el tipo de fibra óptica con el que se realizará el diseño.
8. Seleccionar los equipos pasivos como activos que más se apeguen a las necesidades de la empresa.
9. Realizar el diseño final de la red con sus equipos terminales, cajas de distribución, entre otros.
10. Realizar la simulación de conectividad para evaluar el desempeño de la red diseñada.

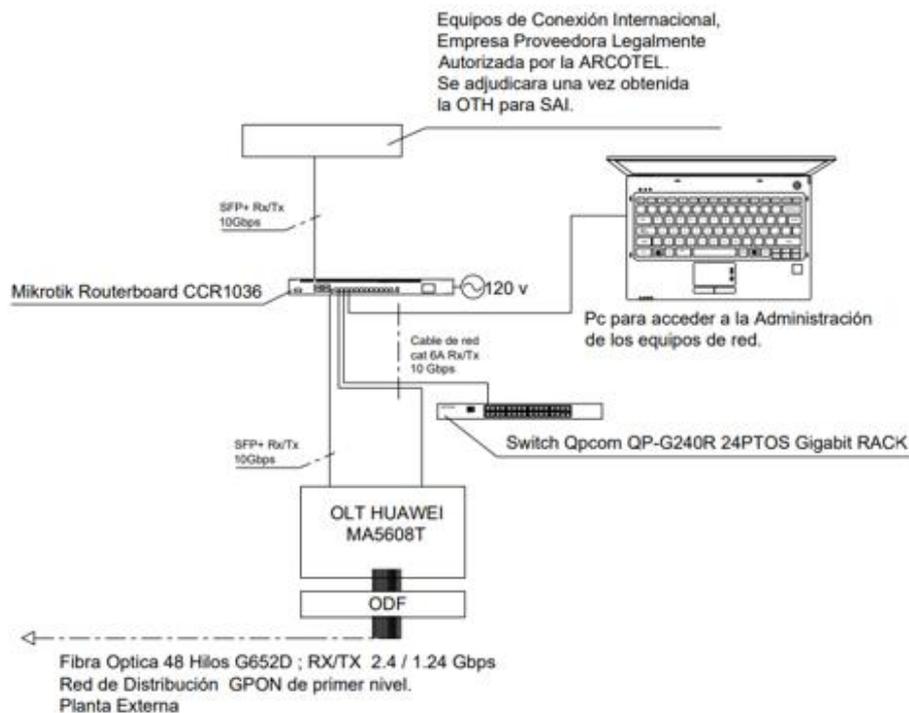
3.2 Diseño de la red GPON

Para el diseño GPON de la red, se consideró parámetros importantes como viviendas y negocios, la zona de cobertura, la densidad poblacional entre otros. En el desarrollo de esta red GPON se analizó toda el área del sector, para ubicar de manera estratégica las cajas NAP para brindar el servicio a todos los clientes.

La red GPON de la empresa TELERAPID S.A, está estructurada por varios componentes, los cuales destacan 3, en la Figura 3.1 se representa los equipos activos.

- OLT (Optical Line Terminal).
- ODN (Optical Distribution Network).
- ONT (Optical Network Terminal).

Figura 3.1 Diagrama esquemático GPON de TELERAPID S.A



Esquema de la red GPON. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

3.2.1 Descripción de la Central del Carmen Bajo

El servicio en el Carmen Bajo se formará mediante un enlace tipo punto a punto de 0.766 Km con el tipo de fibra monomodo G 652.D de 48 hilos, iniciando en el cuarto de equipos que recorrerá una distancia de 735 metros hasta la manga de distribución principal utilizando hilos de 4 x 12 para brindar el servicio de internet como se representa en la Figura 3.2.

Figura 3.2 Conexión cuarto de equipos al nodo del Carmen Bajo



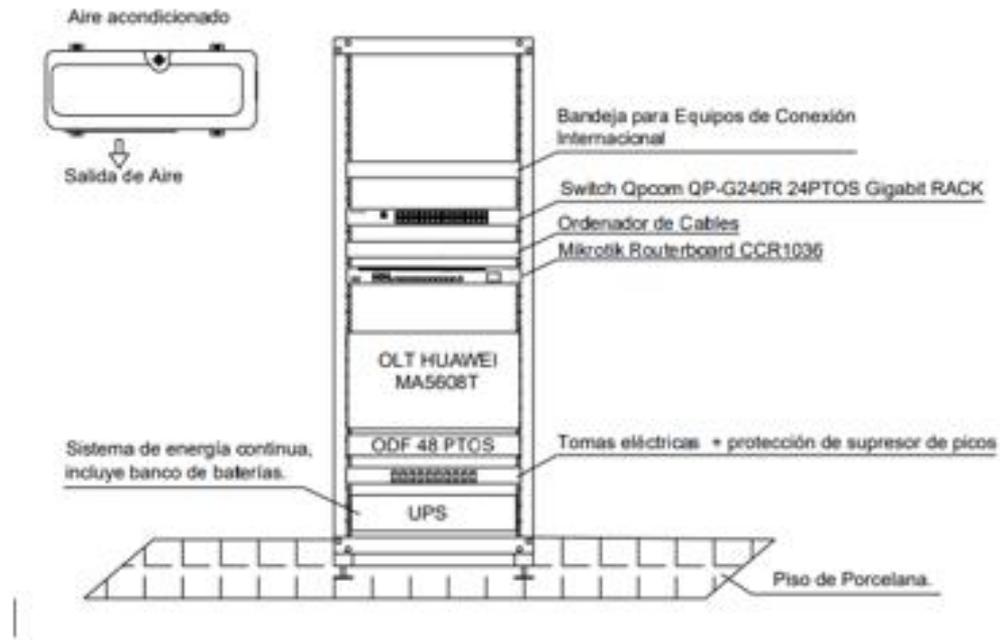
Enlace entre la ISP en el Comité del Pueblo Esquema. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

El cuarto de equipos que va a proveer de servicio al sector está ubicado en la Av. General Rumiñahui y Nielsen. Como se puede observar en la Figura 3.3, la infraestructura es la siguiente:

- El diseño de la red GPON, consideró el uso de un equipo terminal de línea óptica (OLT) marca Huawei de la serie MA5680T y un distribuidor de fibra óptica (ODF) de 48 puertos.
- El Router Mikrotik CCR1036 se usará para la administración de la red.
- Un Switch QPCOM se utilizará para la ampliación de puertos disponibles para las conexiones de futuros elementos de red.

Para seleccionar los equipos indicados se aplicó un estudio que permitió evaluar diferentes parámetros tales como: rendimiento, tecnología, precio, especificaciones técnicas. En el Anexo 7 se puede observar el análisis comparativo.

Figura 3.3 Ubicación de equipos en Cuarto de Comunicaciones



Infraestructura del Cuarto de comunicaciones. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

3.2.2 Rutas y Áreas de Dispersión

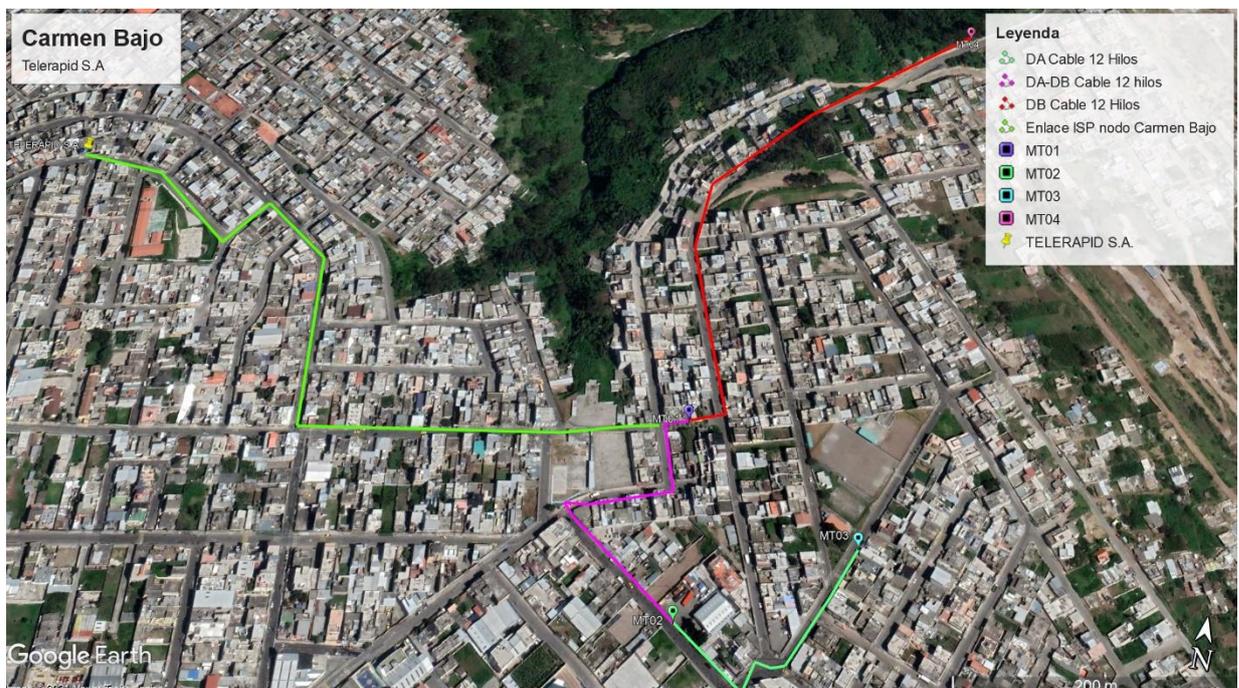
El cuarto de equipos comparte ubicación con la oficina de la empresa TELERAPID S.A, de esta ubicación saldrá un cable de 48 hilos desde cual se irán derivando las conexiones de las 4 mangas principales. Cada una tendrá sus cajas de distribución con una capacidad de 16 puertos. El presente diseño propone un splitter de tipo 1:8, con la posibilidad de expansión a otro splitter de la misma magnitud.

Para el diseño de la empresa TELERAPID S.A se propuso la separación en 4 distritos, en los cuales se aplicarán 2 tipos de esquemas para el tendido de la fibra: el diseño del

diagrama de tipo gusano y espina de pescado, como se muestra en la Figura 3.4, por varias razones, entre las cuales se puede mencionar:

- Facilidad del tendido en este sector por la topografía que presenta el Carmen Bajo, con un gran número de calles con varias entradas y salidas, a su vez existen varios postes de hormigón armado con poca separación de distancia para el tendido continuo de la fibra.
- Versatilidad para su futura instalación ya que permite usar cable de fibra óptica de pocos hilos permitiendo una reducción de costes y una mejor implementación en el sector
- El uso del diagrama tipo espina de pescado para la derivación de hilos a partir de un punto específico para dividir distritos en caso de el corte del servicio, la caída no sea global, en este caso solo para ciertos sectores.

Figura 3.4 Planimetría del tendido de fibra óptica



Representación de esquema con diagrama tipo gusano. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.2.3 Cobertura de Cajas de Distribución NAPs

Durante el diseño de la red se tomó en cuenta por ser un proveedor de Internet nuevo en el sector, inicialmente se colocarán 31 cajas de distribución (NAPs) de 16 puertos, las cuales están repartidas en 4 distritos representadas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Repartición cajas NAP

Distrito	Número de cajas NAP a usar
Distrito A	6
Distrito B	16
Distrito C	4
Distrito D	5

Número de cajas NAP por distrito en el sector del Carmen Bajo. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

En el interior de cada caja NAP, se utilizará un splitter 1:8, sin embargo, se puede incrementar el número de usuarios añadiendo otro splitter de 1:8, ya que la NAP a utilizarse es de 16 puertos.

3.2.4 Cálculo de la red de acceso

Según el análisis inicial realizado, el proyecto prevé iniciar con un estimado de 54 usuarios para el primer año; los usuarios podrán obtener planes de 30, 65 y 100 Mbps, para el cálculo de la red se usa de ejemplo una velocidad de 30 Mbps siendo aquel el plan más básico de internet para el usuario. La siguiente ecuación muestra los cálculos donde obtenemos la capacidad de red necesaria. (Paz, 2017)

$$Capacidad = \frac{Número\ de\ usuarios * ancho\ de\ banda}{compartición\ de\ ancho\ de\ banda} \quad Ec. (3.1)$$

$$Capacidad = \frac{54 \text{ usuarios} * 30Mbps}{4 \text{ usuarios}} = 405 Mbps$$

Como se puede observar en el cálculo de la capacidad tenemos un valor de 405 Mbps, el cual está dentro de la capacidad que tiene asignada la empresa para este nodo que es de 432 Mbps, representada en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Información del enlace para conexión del nodo A

ITEM	ENLACES				CARACTERÍSTICAS		
	NODO A				MEDIO DE TRANSMISIÓN	TECNOLOGIA	VELOCIDAD DE ENLACE (Mbps)
CODIGO	CANTÓN CIUDAD	PARROQUIA	DIRECCIÓN				
1	001001	QUITO	COMITÉ DEL PUEBLO	GRAL RUMIÑAHUI Y NIELSEN	Fibra Óptica	GPON	432

Características del Nodo A. (TELERAPID S.A, 2021)

3.2.5 Análisis de los Distritos

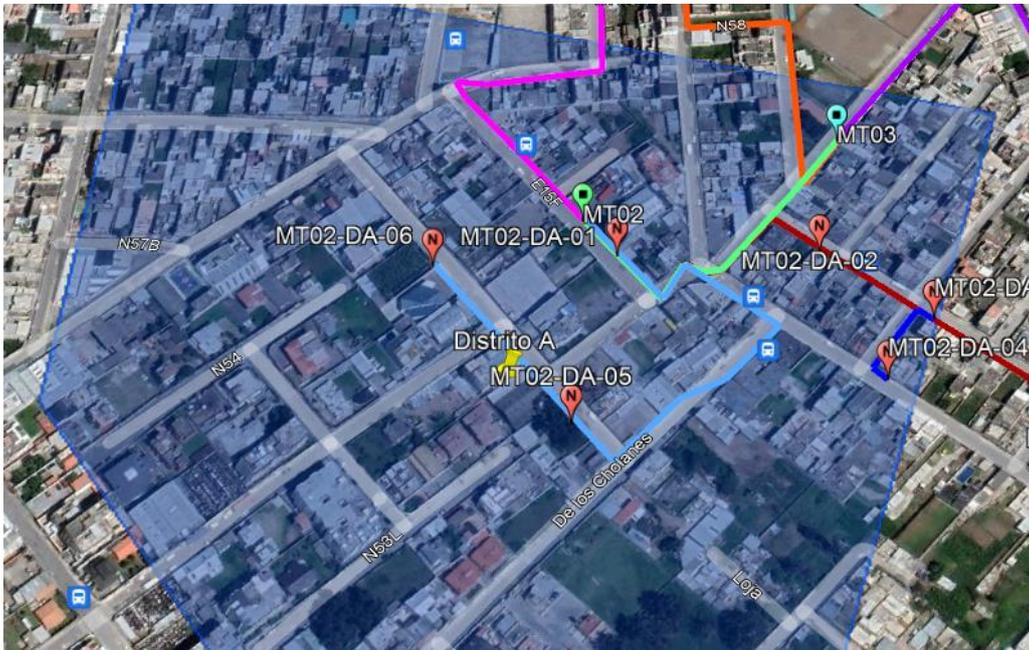
Los 4 distritos proyectados se originan desde la central en el Comité del Pueblo (OLT) donde recorre una distancia considerable hasta la primera manga troncal, donde distribuye los hilos como objetivo proveer el servicio al mayor rango posible, las cajas NAP obtienen su nomenclatura según su distrito y a la manga a la cual pertenece. Para representar las líneas de fibra óptica se han usado 3 colores: para 48 hilos es de color verde, para 24 hilos es de color celeste y para 12 hilos es de color rosado como se puede observar en la Figura 3.4.

3.2.5.1 Distrito A

En este distrito se estima cubrir un área de 225.357 m², para satisfacer la demanda proyectada por la empresa, se requieren de 2 mangas troncales y 6 cajas de distribución

(NAP) de 1:8 , que serán distribuidas por una ruta de 48 hilos, una ruta secundaria de 12 hilos y 3 rutas derivadas una de 12 hilos, dos de 24 hilos y una de 48 hilos.

Figura 3.5 Área Distrito A



Ubicación de rutas y NAPs del distrito A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.3 Ubicación de cajas NAP y mangas

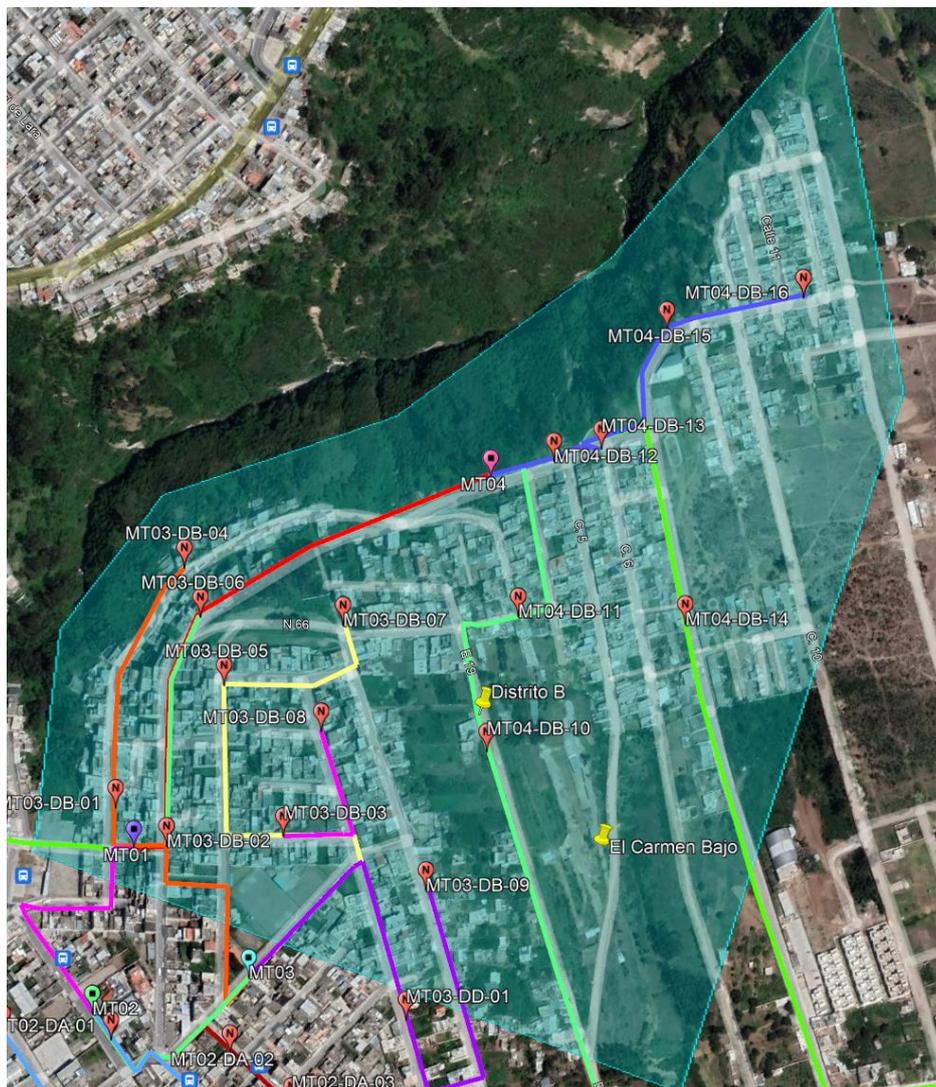
Nº de caja	Splitter	Latitud	Longitud
MT02-DA-01	1:8	0° 7'44.92"S	78°27'41.45"O
MT02-DA-02	1:8	0° 7'44.12"S	78°27'37.97"O
MT02-DA-03	1:8	0° 7'45.00"S	78°27'35.71"O
MT02-DA-04	1:8	0° 7'46.32"S	78°27'36.24"O
MT02-DA-05	1:8	0° 7'48.27"S	78°27'41.32"O
MT02-DA-06	1:8	0° 7'45.81"S	78°27'44.57"O
Mangas Trocales		Coordenadas	
MT02	1:8	0° 7'44.36"S	78°27'42.24"O
MT03	1:8	0° 7'41.78"S	78°27'38.21"O

Coordenadas geográficas de cajas NAP y mangas del distrito A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.2.5.2 Distrito B

Para el distrito B se estima cubrir un área de 422.125 m², para satisfacer la demanda proyectada en dicho distrito, se requieren 2 mangas troncales y 16 cajas de distribución NAP de 1:8 y, que serán distribuidas por una ruta de 48 hilos, una ruta secundaria de 12 hilos y 4 rutas derivadas una de 12 hilos, 4 de 24 hilos y una de 48 hilos.

Figura 3.6 Área Distrito B



Ubicación de rutas y NAPs del distrito B. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.4 Ubicación de cajas NAP y mangas

N° de caja	Splitter	Latitud	Longitud
MT03-DB-01	1:8	0° 7'38.30"S	78°27'43.65"O
MT03-DB-02	1:8	0° 7'38.87"S	78°27'41.84"O
MT03-DB-03	1:8	0° 7'37.43"S	78°27'38.66"O
MT03-DB-04	1:8	0° 7'30.81"S	78°27'44.13"O
MT03-DB-05	1:8	0° 7'33.75"S	78°27'41.83"O
MT03-DB-06	1:8	0° 7'32.05"S	78°27'43.19"O
MT03-DB-07	1:8	0° 7'30.86"S	78°27'39.09"O
MT03-DB-08	1:8	0° 7'34.09"S	78°27'38.64"O
MT03-DB-09	1:8	0° 7'37.54"S	78°27'34.11"O
MT04-DB-10	1:8	0° 7'33.02"S	78°27'33.79"O
MT04-DB-11	1:8	0° 7'28.86"S	78°27'34.26"O
MT04-DB-12	1:8	0° 7'24.11"S	78°27'34.81"O
MT04-DB-13	1:8	0° 7'23.30"S	78°27'33.60"O
MT04-DB-14	1:8	0° 7'27.42"S	78°27'29.49"O
MT04-DB-15	1:8	0° 7'19.27"S	78°27'32.96"O
MT04-DB-16	1:8	0° 7'17.00"S	78°27'29.44"O
Mangas Troncales		Coordenadas	
MT01	1:8	0° 7'39.28"S	78°27'42.73"O
MT04	1:8	0° 7'25.22"S	78°27'36.42"O

Coordenadas geográficas de cajas NAP y mangas del distrito B. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.2.5.3 Distrito C

En el distrito C al ser una zona rural se estima cubrir un área de 574.530 m². En este distrito al no existir un gran número de predios se van a utilizar 4 cajas NAP de 1:8, que serán distribuidas por una ruta derivada de 24 hilos.

Figura 3.7 Área Distrito C



Ubicación de rutas y NAPs del distrito C. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.5 Ubicación de cajas NAP y mangas

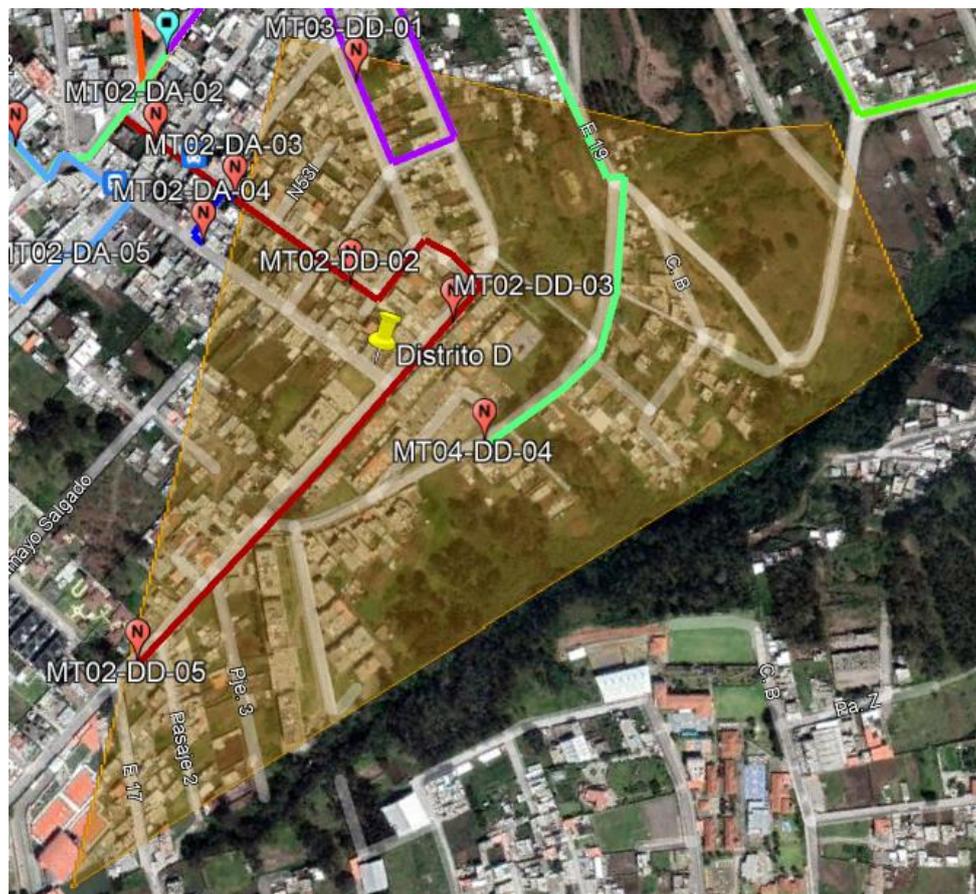
Nº de caja	Splitter	Latitud	Longitud
MT04-DC-01	1:8	0° 7'35.31"S	78°27'12.18"O
MT04-DC-02	1:8	0° 7'23.42"S	78°27'8.09"O
MT04-DC-03	1:8	0° 7'20.14"S	78°27'10.55"O
MT04-DC-04	1:8	0° 7'19.54"S	78°27'12.25"O

Coordenadas geográficas de cajas NAP y mangas del distrito C. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.2.5.4 Distrito D

Para el distrito D que es la zona más pequeña estimada a cubrir con un área de 218.321 m², para satisfacer la demanda proyectada se requieren 5 cajas NAP de 1:8, que van a ser distribuidas por dos rutas derivadas de 12 y 24 hilos.

Figura 3.8 Área Distrito D



Ubicación de rutas y NAPs del distrito D. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.6 Ubicación de cajas NAP y mangas

N° de caja	Splitter	Latitud	Longitud
MT03-DD-01	1:8	0° 7'41.41"S	78°27'33.36"O
MT02-DD-02	1:8	0° 7'46.48"S	78°27'32.37"O
MT02-DD-03	1:8	0° 7'46.87"S	78°27'29.62"O
MT04-DD-04	1:8	0° 7'49.71"S	78°27'28.16"O
MT02-DD-05	1:8	0° 7'57.13"S	78°27'35.53"O

Coordenadas geográficas de cajas NAP y mangas del distrito D. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.2.6 Planes de servicio de la empresa

La empresa TELERAPID S.A ofrece a sus clientes los planes que se indican en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Descripción de Costos de planes de Internet

Planes	Descripción	Valor
Plan Estudiantil	Internet Ilimitado 30Mbps, incluye WiFi	\$30,70
Plan Residencial	Internet Ilimitado 65Mbps, incluye WiFi	\$40,80
Plan Empresarial	Internet Ilimitado 100Mbps, incluye WiFi	\$54,00

Precios referenciales de los planes de la empresa TELERAPID S.A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.3 Cálculos de Enlace

3.3.1 Presupuesto óptico

Para determinar el valor de la atenuación provocado por las pérdidas de inserción en elementos como los cables, conectores, entre otros, se tomaron en cuenta los valores que sugiere la norma EIA/TIA 568, las recomendaciones ITU-T G.671, ITU-T G.751 y también los valores emitidos por cada fabricante. En las Tablas 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, se detallan los valores máximos de atenuación permitidos en cada distrito.

Tabla 3.8 Presupuesto óptico del Distrito A

Presupuesto Óptico-Distancia Mínima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitter	1:8	1	8,1	8,1
	1:8	1	8,1	8,1
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,428Km	0,25 dB/km	0,107 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				18,607
Presupuesto Óptico-Máxima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitters	1:8	1	11,4	11,4
	1:8	1	11,4	11,4
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,855 km	0,25 dB/km	0,21375 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				25,31375

Datos de los parámetros para el cálculo del presupuesto óptico para el distrito A. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.9 Presupuesto óptico del Distrito B

Presupuesto Óptico-Distancia Mínima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitter	1:8	1	8,1	8,1
	1:8	1	8,1	8,1
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,249 km	0,25 dB/km	0,062 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				18,562
Presupuesto Óptico-Máxima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitters	1:8	1	11,4	11,4
	1:8	1	11,4	11,4
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,5965 km	0,25 dB/km	0,1491 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				25,2491

Datos de los parámetros para el cálculo del presupuesto óptico para el distrito B. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.10 Presupuesto óptico del Distrito C

Presupuesto Óptico-Distancia Mínima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitter	1:8	1	8,1	8,1
	1:8	1	8,1	8,1
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	1,1475 km	0,25 dB/km	0,29 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				18,79
Presupuesto Óptico-Máxima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitters	1:8	1	11,4	11,4
	1:8	1	11,4	11,4
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	1,9097 km	0,25 dB/km	0,48 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				25,58

Datos de los parámetros para el cálculo del presupuesto óptico para el distrito C. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Tabla 3.11 Presupuesto óptico del Distrito D

Presupuesto Óptico-Distancia Mínima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitter	1:8	1	8,1	8,1
	1:8	1	8,1	8,1
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,2737 km	0,25 dB/km	0,07 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				18,57
Presupuesto Óptico-Máxima				
Elemento		Cantidad	Atenuación (dB)	Total Att (dB)
Splitters	1:8	1	11,4	11,4
	1:8	1	11,4	11,4
Fibra G652.D	longitud de onda 1550nm	0,855 km	0,25 dB/km	0,21375 dB
Conectores SC - ITU671		4	0,50	2
Empalmes por fusión ITU751		3	0,10	0,3
TOTAL (dB)				25,31375

Datos de los parámetros para el cálculo del presupuesto óptico para el distrito D. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Como se observa en el cálculo de presupuesto óptico, los valores obtenidos están comprendidos entre los 18 dB y 25 dB de pérdida, los cuales son valores aceptados por la ODN que tolera la categoría B+ y C+. Como se puede observar en el Anexo 13, estos valores se refieren a los umbrales de trabajo de los componentes de la OLT y la ONT. En el Anexo 3 se aprecia que el equipo de OLT soporta las pérdidas que se han obtenido en los cálculos.

3.3.2 Red de distribución

3.3.2.1 Splitter

Un splitter de fibra óptica es un elemento que recibe una señal de fibra óptica a la entrada y la divide en varias señales a su salida, no necesita energizarse por medio de fuentes externas, se puede encontrar splitters de 1x4, 1x8, 1x16 y 1x32. En la Figura 3.9 se observa la manera en la que la señal al ingresar al splitter se divide en varias señales a la salida. (Quarters, 2021)

Figura 3.9 Splitter



Modo de funcionamiento de un Divisor óptico. Fuente (Pazmiño Alvarez, 2017)

El splitter dependiendo del número de divisiones que tenga en la salida, las pérdidas por inserción van a ir aumentando como se observa en el Anexo 9.

3.3.2.2 Optical Distribution Frame (ODF)

El ODF es un distribuidor y organizador de fibra óptica, donde se conectan los patchcords desde el ODF hasta los puertos del Switch, para evitar daños severos de la fibra y mantener un grado mínimo de curvatura. Es necesario que los ODFs posean un área suficiente, para permitir la instalación de algunas reservas de los patchcords, por lo que es necesario que las bandejas sean deslizables, como se muestra en la Figura 3.9, con el objetivo de que se pueda manipular la fibra mediante las conexiones de patchcords. Facilita la habilitación de los hilos de fibra óptica instalado, de modo que se los conectará físicamente hacia las interfaces de los componentes de transmisión. (Felicita, 2017)

Figura 3.10 Optical Distribution Frame (ODF)



ODF de montaje en Rack, de 48 líneas. Fuente (Fibremex, 2011)

3.3.3 Relación de División

La relación de división o de splitteo que será utilizada para el diseño de la red utiliza un nivel de división de 1:16 especificado por el fabricante de la OLT, cada puerto PON cumple con los estándares G.984, con velocidades asimétricas, en sentido ascendente trabaja con velocidad de 1.25 Gbps y descendente de 2.50, lo que permita a cada usuario navegar con un ancho de banda máximo de:

$$Downstream \frac{2.50 \text{ Gbps}}{16} = 156.25 \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$Upstream \frac{1.25 \text{ Gbps}}{16} = 78.125$$

Ec. (3.3)

3.4 Equipamiento Seleccionado

Los equipos que se muestran en la Tabla 3.12 cumplen con los parámetros necesarios para la futura implementación de la red y el correcto funcionamiento del sistema óptico. Para seleccionar estos equipos se realizó un análisis comparativo como se observa en el Anexo 7, considerando algunos parámetros como la compatibilidad, los costos, las especificaciones técnicas, etc.

Tabla 3.12 Principales características de los equipos escogidos

Equipo	Características
Huawei MA5608T Mini OLT	<p>Marca Huawei MA5608T</p> <p>Capacidad Gigabit Ethernet 16 puertos</p> <p>Relación de División Óptica 1:128</p> <p>Distancia 40 km</p> <p>Potencia del transmisor B+, C+</p> <p>Potencia de Tx +5dBm</p> <p>Velocidad de Transmisión Upstream 1,25 Gbps, Dowstream 2,50 Gbps.</p> <p>Banda Ventanas de 1310nm, 1490 nm y 1550nm.</p> <p>Servicios VoIP, VPN, HSI, QoS.</p>
Router CCR1036-12G-4S	<p>CPU 36 Core CPU</p> <p>Frecuencia nominal del CPU 1.2 GHz</p> <p>Dimensiones 443 x 193 x 44 mm</p> <p>Sistema Operativo RouterOS, License level 6</p> <p>Memoria RAM 1 GB</p>

Switch QP-G240R	Número de Puertos
	24 puertos
	Velocidad de los puertos
	10/100/1000 mbps
	Tipo de puerto
RJ 4	
Dimensiones	
437 mm *180mm *44mm	

Revisión de las características de cada equipo. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

3.5 Análisis Económico

A continuación, en las Tablas 3.13, 3.14, se observa un análisis general de la inversión económica que ha considerado la empresa para la implementación del presente proyecto.

Tabla 3.13 Costo referencial activos fijos

TELERAPID S.A	
DESGLOSE DE ACTIVOS	
INSTALACIONES	
SWITCH QP-G240R 24ptos Gigabit	\$ 150,00
OLT HUAWEI MA5608T	\$ 3.420,00
ODF 24 PUERTOS 19" CON RIEL PARA RACK	\$ 220,00
TOTAL	\$ 3.790,00
EQUIPO DE COMPUTACION	
COMPUTADOR HP	\$ 600,00
ROUTER CCR1036	\$ 1.220,00
TOTAL	\$ 1.820,00

Revisión de los precios de equipos activos. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

Tabla 3.14 Costo referencial Materiales

TELERAPID S.A.			
GASTOS DE INSTALACIÓN RED DE FIBRA ÓPTICA			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL AÑO 1
FIBRA ÓPTICA ADSS (MTS)	9750	\$ 1,2	\$11.700,0
HERRAJE TIPO A	328	\$ 3,6	\$ 1.180,8
HERRAJE TIPO B DE 7 "	80	\$ 3,6	\$ 288
ETIQUETAS	1200	\$ 1	\$ 1200
AMARRA	2000	\$ 0,04	\$ 80
OTROS MATERIALES (MANGAS, ESCALERA PARA POSTES. ETC)	8	\$ 515	\$ 4120
TOTAL			\$ 18568,8

Revisión de los precios de materiales. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

Tabla 3.15 Costo Presupuesto Final

TELERAPID S.A.	
PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO	
INSTALACIONES	\$ 3.790
EQUIPO DE COMPUTACIÓN	\$ 1.820
INSTALACION RED FIBRA OPTICA	\$ 18.568,80
TOTAL	\$ 24.178,80

Revisión presupuesto final del proyecto. Fuente (TELERAPID S.A, 2021)

3.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

Es una guía financiera que muestra el incremento del flujo de fondos que tendrá el proyecto para los siguientes 5 años y de este modo establece si el proyecto es factible. Para el presente proyecto se estima una inversión inicial de \$24.178,80 como se puede observar en la tabla 3.15 que es la sumatoria de los valores totales las tablas 3.13 y 3.14

respectivamente donde se utiliza un porcentaje del 14% como tasa de descuento, donde el VAN usará esta ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \left[\frac{FNE_t}{(1+i)^t} \right] \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Dónde:

Σ = Sumatoria de t desde 0 hasta n periodos

FNE = Flujo Neto de Caja (Efectivo) al año Tabla 2.3

i = Tasa de rentabilidad 14% anual

I_0 = Inversión Inicial.

t = Tiempo de vida del proyecto

Por lo tanto:

$$VAN = -24178.80 + \frac{20356.16}{(1 + 0.14)^1} + \frac{28335.07}{(1 + 0.14)^2}$$

$$VAN = -24178.80 + 17856.28 + 21802.91$$

$$VAN = 15480.39$$

Desde este resultado se puede observar que el VAN al ser positivo muestra que a partir del segundo año la empresa recuperará los gastos iniciales y generará ganancias, concluyendo que el proyecto es viable.

3.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es un criterio que evalúa la inversión de una empresa para determinar si es factible, para definir si el capital invertido es el necesario para asentar el proyecto, por lo cual realiza un cálculo usando la ecuación:

$$TIR = \frac{F_e}{I_0} - 1 \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Dónde:

I_0 = Inversión Inicial.

F_e = Flujo de caja

$$TIR = \frac{39659.19}{24178.80} - 1$$

Por lo tanto:

$$TIR = 0.64 = 64\% \geq 14\%$$

Como se puede observar, el valor del TIR es de 64 %, siendo mayor a la tasa de rentabilidad que se usó en el cálculo VAN, por lo tanto, se puede afirmar que la inversión del proyecto es viable.

3.5.3 Recuperación del capital (PRC)

Es un indicador que muestra el tiempo apreciado en el cual se recupera la inversión, para el caso de TELERAPID S.A se utiliza la ecuación.

$$PCR = \frac{I_0}{F_e} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Dónde:

I_0 = Inversión Inicial.

F_e = Flujo de caja

$$PCR = \frac{24178.80}{39659.19}$$
$$PCR = 0.61 = 1$$

Considerando que el valor del PCR es cercano de 1, se puede afirmar que el tiempo estimado para que el proyecto genere ganancias y registren un retorno de la inversión será de 2 años, se determinó la viabilidad del presente proyecto para su futura implementación con una proyección a 5 años.

CAPÍTULO 4

SIMULACIÓN DE LA RED GPON

El actual capítulo evalúa el funcionamiento de la red GPON diseñada, usando un software llamado Optisystem, mismo que admitirá elaborar una simulación de red para verificar todos los parámetros técnicos considerados en el diseño.

4.1 Parámetros para la simulación de la red GPON

Como siguientes parámetros de la simulación, se utilizará un splitter de $\frac{1}{2}$ agregándole las pérdidas en promedio que tendría un splitter $\frac{1}{8}$ que es son valores con los que la empresa va a trabajar en este proyecto. cómo se puede observar en el Anexo 10

Para la simulación del caso más crítico se tomará en cuenta a un usuario que está ubicado lejos del nodo principal, para ello se debe tener en cuenta que la potencia de transmisión es la mínima y las pérdidas en la ODN deben ser máximas. El análisis se realizará con la longitud de onda de 1490 nm, que viene a representar la recepción de datos y voz que provienen desde la ONT hacia la OLT que vendría a ser el final del trayecto, el mismo que soporta velocidades de 2.5 Gbps. La recepción de video se realizará con la longitud de onda de 1550 nm que se tendrá en cuenta para la simulación para el caso de downstream y para el caso de upstream la longitud de onda es de 1310 nm con velocidades de 1.25 Gbps.

Para la atenuación en la simulación, se utilizará el tipo de fibra con la que la empresa trabajará que es el estándar de la fibra óptica G652.D con una pérdida de 0.25dB/Km.

4.1.1 Cálculo de Downstream

Para verificar que la fibra óptica G652.D utilizada por la empresa, soporta la velocidad de transmisión en downstream para GPON, se utiliza la ecuación: (Arévalo, 2018)

$$\frac{1}{Dc * \Delta\lambda * L} \geq Vd \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Dónde:

Vd= Velocidad de transmisión del estándar GPON (downstream).

$\Delta\lambda$ = Anchura espectral.

Dc = Dispersión cromática.

L = Longitud máxima de la fibra óptica.

Entonces:

Vd = 2.5 Gbps según sección 4.2.

$\Delta\lambda$ = 1nm, según Anexo 7

L= 20 Km según la Anexo 8.

Dc = $18.6 \frac{ps}{Km * nm}$, según Anexo 10

Por lo tanto

$$\frac{1}{18.6 \frac{ps}{Km * nm} * 1nm * 20Km} \geq 2.5 Gbps$$

$$2.6881 Gbps \geq 2.5 Gbps$$

Por lo tanto, se comprueba que la velocidad de transmisión de la fibra óptica G652.D (2.6881 Gbps), soporta la velocidad de transmisión de (2.5 Gbps) de downstream perteneciente al estándar GPON.

4.1.2 Cálculo de Upstream

Para verificar que la fibra óptica G652.D utilizada por la empresa, soporta la velocidad de transmisión en upstream para GPON, se utiliza la ecuación: (Arévalo, 2018)

$$\frac{1}{D_c * \Delta\lambda * L} \geq Vd \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Dónde:

Vd= Velocidad de transmisión del estándar GPON (upstream).

$\Delta\lambda$ = Anchura espectral.

Dc = Dispersión cromática.

L = Longitud máxima de la fibra óptica.

Entonces:

Vd = 1.25 Gbps según sección 4.2.

$\Delta\lambda$ = 1nm, según Anexo 7

L= 20 Km según la Anexo 8.

$D_c = 3.5 \frac{ps}{Km * nm}$, según Anexo 11

Por lo tanto

$$\frac{1}{3.5 \frac{ps}{Km * nm} * 1nm * 20Km} \geq 1.25 Gbps$$

$$1.4285 \text{ Gbps} \geq 1.25 \text{ Gbps}$$

Por lo tanto, se comprobará que la velocidad de transmisión de la fibra óptica G652.D (1.4285 Gbps), soporta la velocidad de transmisión de (1.25 Gbps) de downstream perteneciente al estándar GPON.

4.2 Arquitectura de la red FTTH

La simulación consta de varias partes fundamentales para la red GPON: OLT, ODN y ONT, estos componentes contienen un transmisor y receptor óptico en la Figura 4.1, se evidencia gráficamente.

Figura 4.1 Red FTTH.

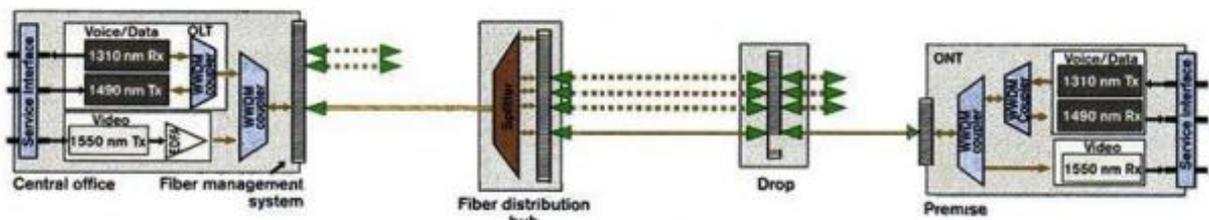


Gráfico básico de conectividad entre una OLT y una ONT. Fuente (Camino Coca, 2018)

Para la simulación se utilizarán 3 módulos:

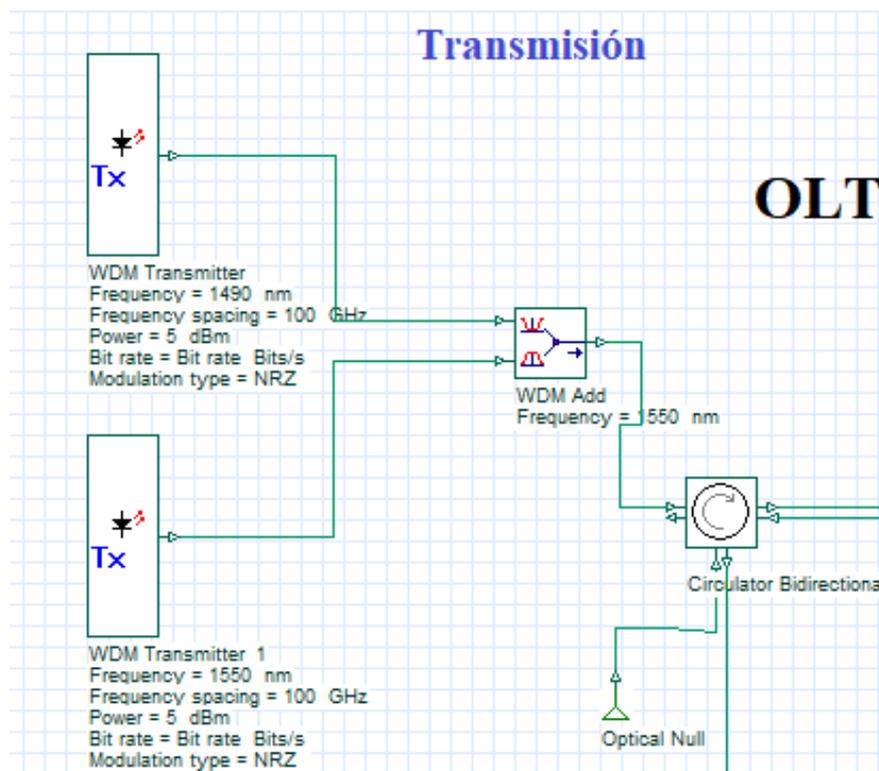
- Para el primer módulo, la OLT está constituida por dos transmisores ópticos, el primero para transmitir una longitud de onda de 1490 nm y el otro transmitirá una longitud de onda de 1550 nm para downstream. Para el fotodetector recibirá la señal de upstream para la longitud de onda de 1310 nm
- El segundo módulo, está formado por la ODN, que vendría a ser la red de distribución óptica que va desde la OLT hasta la ONT.

- El tercer módulo consta de la ONT situada en el hogar del cliente final, formado por dos fotodetectores de tipo APD, que recibirán las señales ópticas de longitudes de onda entre 1490 nm y 1550 nm, también consta de un transmisor óptico que emite una longitud de onda de 1310 nm.

4.2.1 Configuración de la OLT

La OLT está conformada por los bloques de transmisión de longitudes de ondas (Datos, Voz, Video), para canal de upstream y downstream como se evidencia en la Figura 4.2

Figura 4.2 Simulación de la OLT



Configuración OLT para el usuario más crítico. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Se utilizó el bloque WDM transmitter para transmitir datos de voz y video, donde se configuró 3 parámetros: sus longitudes de onda, potencia de transmisión y el tipo de modulación, debido a que los demás parámetros vienen con configuración por defecto.

Para el primer transmisor, se configura la longitud de onda 1490 nm y en el segundo transmisor se configura la longitud de onda 1550 nm, la potencia de la OLT es de 5dBm que representa la máxima potencia de transmisión de la OLT y la codificación NRZ.

Para unir las dos señales en la misma fibra óptica se utilizó un WDM Add, el cual junta las dos longitudes de onda en el mismo tramo de fibra. Donde la Figura 4.2, se puede observar el bloque WDM Add, a este elemento óptico no se le considera una atenuación, debido a que pertenece a un solo elemento que es la OLT, la cual ya tiene definida una atenuación.

4.2.2 Configuración de la ODN

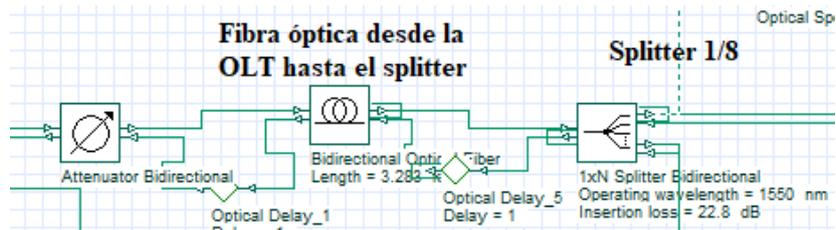
Simulando el ODN en la red se manejaron los bloques: Bidirectional Optical Fiber, Optical Delay y un 1xN Splitter bidirectional, En la Figura 4.3 se detalla a profundidad, donde se ingresaron los parámetros de acuerdo con el diseño del capítulo 3.

Para los sistemas bidireccionales, las señales de upstream y downstream existen al mismo tiempo, pero en el software no es posible. El Optical Delay ayuda a agregar un retardo, de modo que ambas señales puedan pasar a través de los componentes bidireccionales al mismo tiempo.

Se utilizó el componente Bidirectional Optical Fiber para simular la fibra óptica, donde se configuraron los parámetros de atenuación y distancia.

Para el splitter se utilizó el componente 1xN Splitter bidirectional, en el cual se configura los puertos de salida que va a poseer el splitter y las pérdidas que posee cada splitter como se puede observar en la Tabla 1.4.

Figura 4.3 Simulación de la ODN



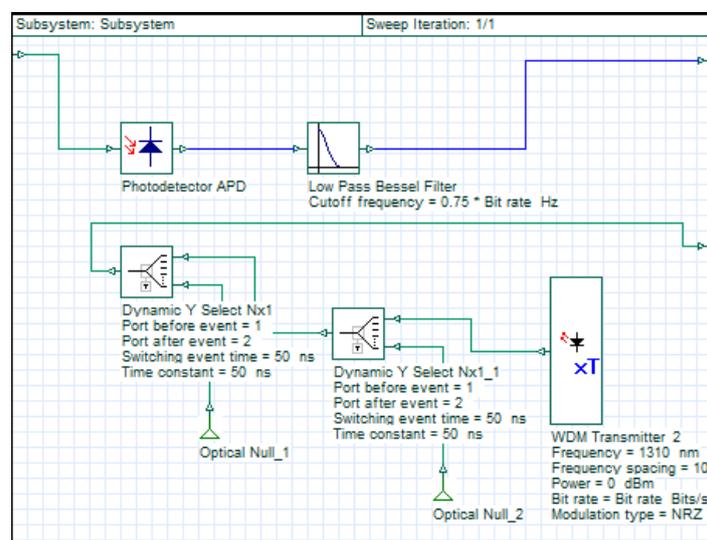
Configuración de la ODN para el usuario más crítico. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

4.2.3 Configuración de la ONT

La ONT se encuentra dentro de un sistema, es decir, un bloque con varios componentes en su interior está configurada con un bloque Photodetector APD que detecta la señal óptica para luego ser filtrada por el componente Low Pass Bessel Filter que simula un filtro pasa bajos de Bessel énfasis en la Figura 4.4.

En el proceso de la simulación TDMA se utilizó: el bloque Dynamic Y Select NX1 como en la Figura 4.4 para limitar señales en un intervalo de tiempo, mediante este proceso cada usuario posee un intervalo de tiempo, en el cual los datos pueden ser transmitidos con dirección a la OLT

Figura 4.4 Simulación de la ONT



Configuración de la ONT para el usuario más crítico. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

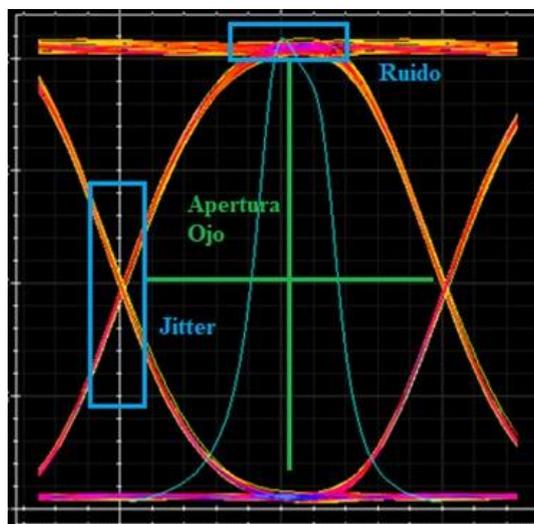
4.3 Análisis de la Simulación

Para analizar la calidad del enlace en la simulación de la red GPON se ha tomado a un usuario que este alejado de la OLT y dentro del área de cobertura, para ello se hace uso del componente BER Analyzer, que analiza el diagrama de ojo y el BER (tasa de bits errados). Para verificar la potencia de la señal que se va a analizar en algunos puntos de la simulación se va a utilizar el componente Optical Power Meter.

Para el diagrama de ojo que indica la superposición de todas las combinaciones de ceros y unos de un número de bits transmitidos de manera aleatoria, la tasa de bits errados debe ser menor que 10^{-10} , como indica la norma UIT-T G.984.6, ya que esta norma acepta un bit erróneo por cada 10 mil millones de bits transmitidos.

El Q factor que se muestra en las Figuras 4.7 y 4.9 describe la calidad del enlace, según la norma UIT-T G.984.2, el mínimo valor permitido debe ser cercano a 6. El componente Eye Height y Treshold muestran la altura y límite de apertura del diagrama de ojo. Una apertura del ojo grande refiere a que tendrá mayor tolerancia tanto en el jitter como en el ruido y mayor sensibilidad del receptor, Ejemplo Figura 4.5.

Figura 4.5 Características diagrama de ojo



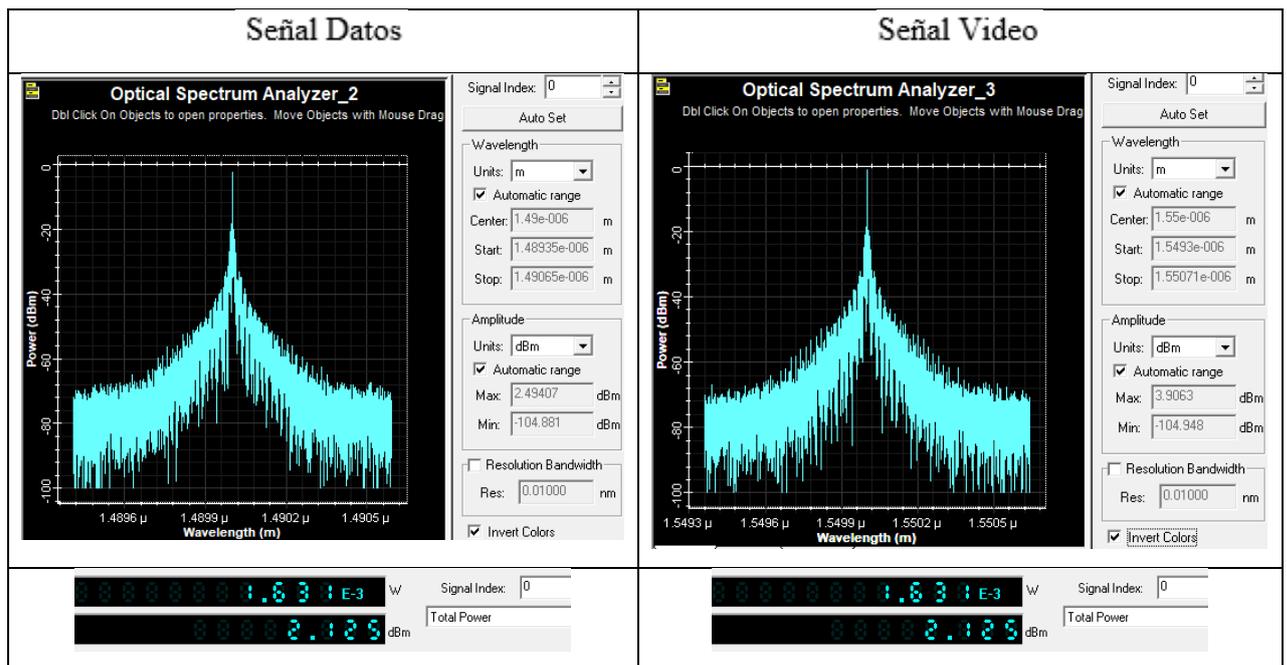
Parámetros y análisis que posee el diagrama de ojo. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

4.3.1 Enlace Downstream

En el Anexo 14 tienen los elementos de la red, primer punto OLT hasta la Nap más lejana que encuentra en el distrito C del sector del Carmen Bajo, para observar el diagrama de la red.

En la Tabla 4.1, los espectros de las señales de datos y video son transmitidos por el bloque WDM Transmitter, como se puede observar, la OLT está transmitiendo longitudes de onda entre 1490 nm y 1550 nm. Corroborando la longitud de onda que va a ser transmitida al usuario final.

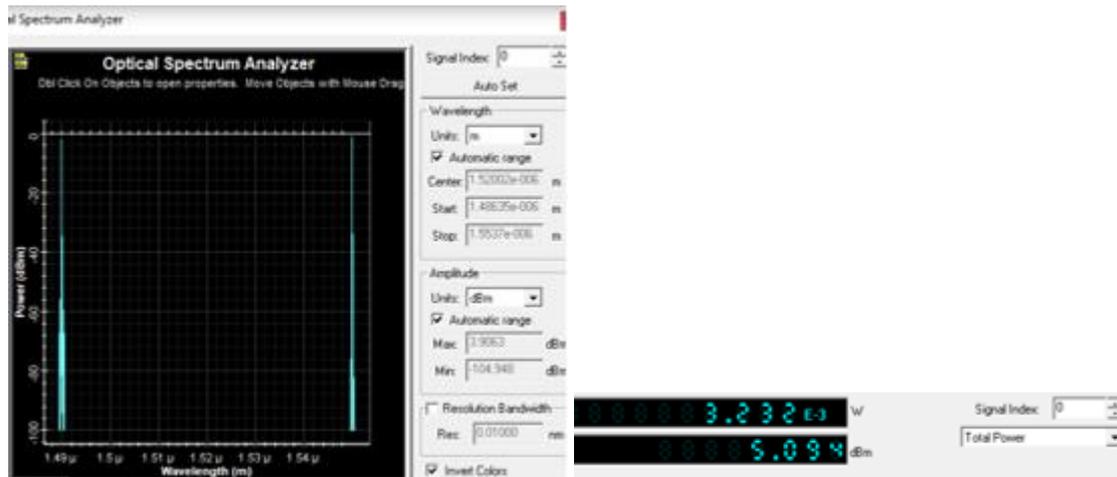
Tabla 4.1 Espectro señales de datos y video en downstream



Espectro de señales saliendo del láser con las potencias de funcionamiento en downstream. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

La figura 4.6, el espectro resultante de dos longitudes de onda combinadas muestra el envío de las dos señales por medio un solo canal con la ayuda del componente WDM Add. La potencia máxima de la OLT con la que va a transmitir es de 5.094 dBm.

Figura 4.6 Espectro señales totales de datos y video en downstream



Espectro de la señal total de las señales de datos y video con la potencia total de las dos señales en downstream. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

La Figura 4.7, su diagrama de ojo del usuario que indica con la tasa de bits errados (5.32432×10^{-22}) al ser menor que 10^{-10} , señala que su señal trabaja correctamente para la red diseñada. También se puede apreciar que hay un mínimo de ruido y el jitter, en el caso de la sensibilidad al tener una gran apertura del ojo la sensibilidad es muy aceptable. Al tener el valor de 9.5702 en el Q factor indica que se tiene una buena calidad de enlace.

Figura 4.7 Diagrama de ojo en el sentido downstream

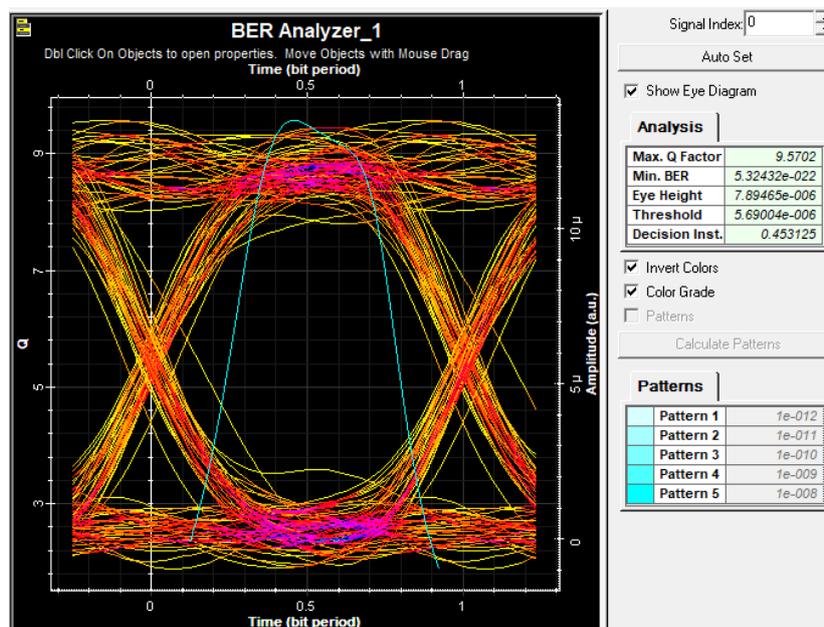


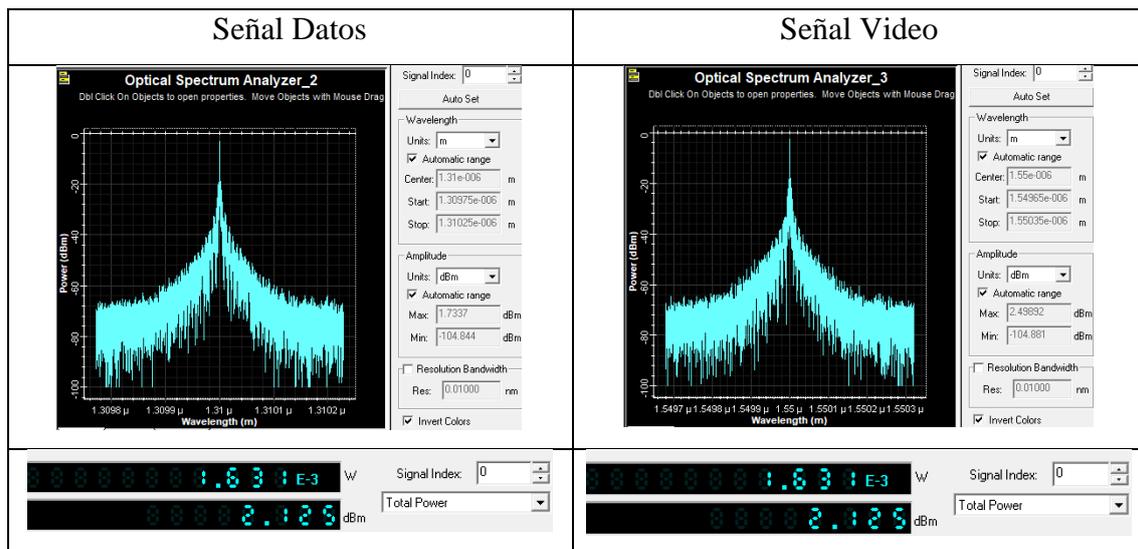
Diagrama ojo y BER de la señal receptada en la ODN. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

4.3.2 Enlace Upstream

El enlace de upstream se examinó los mismos elementos de la red, con los mismos parámetros configurados como se detallan en la sección 4.1, con la diferencia respecto a upstream donde atarea el enlace con la longitud de onda de 1310nm con 1.25 Gbps de velocidad.

En la Tabla 4.2, se aprecia los diagramas de los espectros de las señales de datos y video que son transmitidos por la OLT mediante el bloque WDM Transmitter, con longitudes de onda entre 1310 nm y 1550 nm que representan a los datos y video. Por lo que se corrobora la longitud de onda que va a ser transmitida.

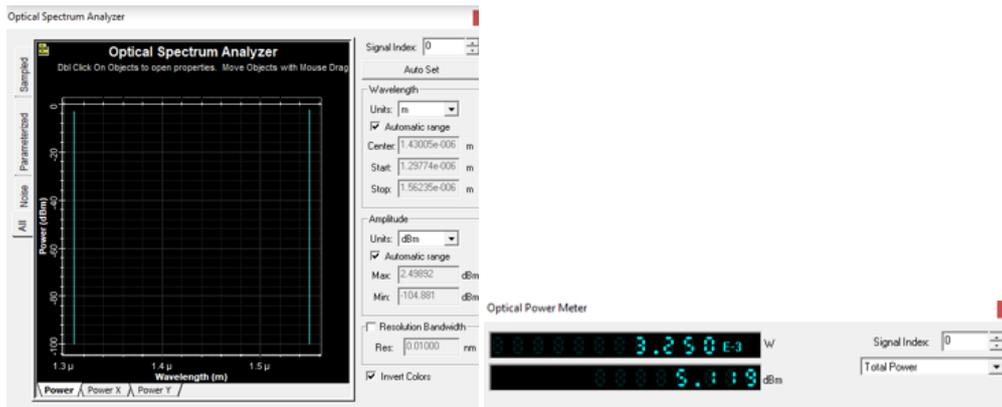
Tabla 4.2 Espectro señales de datos y video en upstream



Espectro de señales saliendo del saler con las potencias de funcionamiento en upstream. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

Como se muestra en la Figura 4.8 tiene el espectro de la sumatoria de las dos longitudes de onda combinadas mediante el componente WDM Add. La potencia máxima de la OLT con la que va a transmitir es de 5.119 dBm.

Figura 4.8 Espectro de la señal total de datos y video en upstream



Espectro de la señal total de las señales de datos y video con la potencia total de las dos señales en upstream. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

La Figura 4.9, con el diagrama de ojo del usuario más lejano para upstream indica una tasa de bits errados (2.50294×10^{-45}) al ser menor que 10^{-10} , por lo que la señal está trabajando correctamente para la red diseñada. También se puede apreciar que hay un mínimo de ruido y el jitter, en el caso de la sensibilidad al tener una gran apertura del ojo la sensibilidad es muy aceptable. Al tener el valor de 14.0803 en el Q factor indica que se tiene una buena calidad de enlace.

Figura 4.9 Diagrama ojo en el sentido upstream

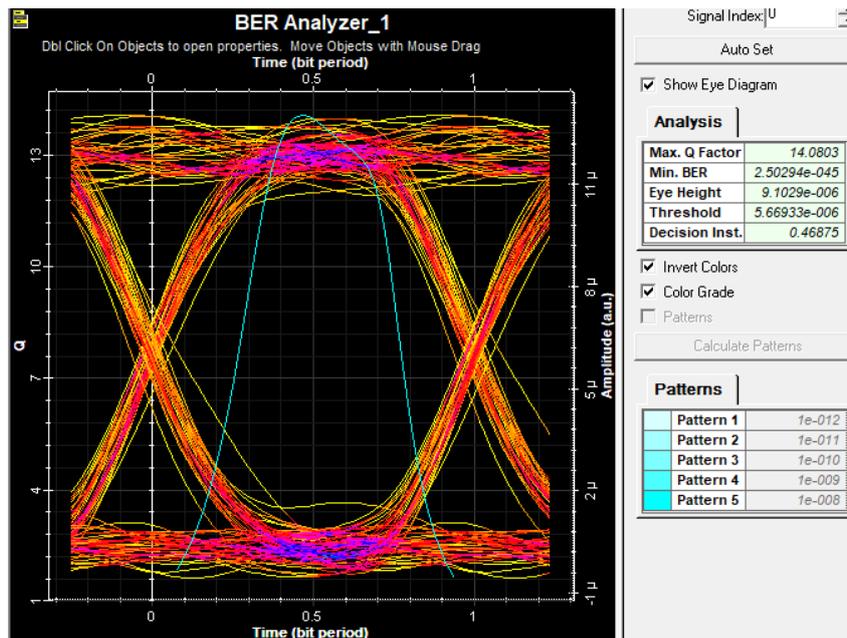


Diagrama ojo y BER de la señal receptada en la ODN. Fuente Steven Alava, Francisco Arias

CONCLUSIONES

El análisis topográfico realizado en el sector de intervención determinó que la aplicación de un modelo híbrido entre el diagrama de pescado y diagrama de gusano es la mejor opción por la versatilidad que muestran cuando se requiere respaldar una caída de servicio en cualquiera de sus derivaciones cercanas a la extensión que haya dejado de funcionar.

Los resultados obtenidos al simular la red GPON en Optisystem, permitió demostrar su funcionalidad aun con aquellos usuarios que se encuentren más distantes a la OLT. El análisis de ojo de la señal en upstream y downstream, muestra valores de bits errados menores a 10^{-10} como indica la norma UIT-T G.984.6, lo cual corrobora que la red trabajará de manera correcta.

Las pruebas realizadas en la simulación determinaron una media de 25 dB en pérdidas ópticas en cada distrito, este valor en el estándar ITU-T G.984.5 pertenece a la clase B+ por lo que en el análisis de equipos a utilizar se busca diferentes marcas y modelos que soporten las clases de perdidas simuladas.

Si bien, la implementación de la solución planteada requerirá una inversión estimada de \$24.178,80, el análisis económico corroboró que se logra un retorno del capital del 83% invertido después del primer año, lo cual asegura una ganancia para la empresa partir del segundo año.

RECOMENDACIONES

Considerando el crecimiento poblacional en el sector de intervención, se recomienda realizar el análisis complementario para ampliar el área de cobertura del proyecto hacia los sectores cercanos, que también poseen una gran demanda.

Después de analizar las necesidades de los usuarios del sector, sería importante considerar la ampliación en los planes de conexión, tomando en cuenta factores como las actividades de los clientes y/o el número de potenciales usuarios en cada punto final.

Debido al alto costo de los equipos a emplear, el personal responsable de gestionar los dispositivos de la red debe poseer un amplio conocimiento de la tecnología GPON, para evitar futuros daños que puedan perjudicar a la empresa y provocar malestar en los abonados.

Posteriormente a la implementación de la red GPON, se sugiere incluir estrategias de calidad de servicio basadas en servicios diferenciados o servicios integrados, según parámetros como velocidad, disponibilidad y fiabilidad de conexión, que determinarán alternativas de provisión mucho más eficientes según los perfiles y/o comportamiento de los usuarios.

Durante la expansión de la red a nuevos distritos, el punto principal se debe mantener un diseño híbrido de espina de pescado y gusano, ya sea por costos, ubicación topográfica y principalmente para evitar caídas generales de los todos distritos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, G. (2018). Curso de Medios de Transmisión-Topic 4.7 Optical Access. Quito Pichincha, Ecuador.
- Castro, R. (2019). Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres. 1–147. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625704/castro_mr.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camino Coca, A. V. (2018). Evaluación del modelado de una red GPON/FTTH con multiplexación por división de longitud de onda utilizando OptiSystem. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11147/1/T-UCSG-POS-MTEL-112.pdf>
- Cisco. (22 de 06 de 2018). CCNA Cisco Blogs. (P. Chou, Editor) Obtenido de <https://blogs.cisco.com/sp/fiberopticspt2singlemultifiber>
- CNT. (2015). Instructivo de instalación para clientes finales en redes FTTH-GPON. Gerencia de Ingeniería e Implementación. Quito: CNT.
- Concha Asadobay, K. A., & Tituaña Canchig, A. V. (2021). Diseño de la red GPON de la empresa ATVCABLE para la provisión de internet y televisión en la ciudad de Pujilí. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19773/1/UPS%20-%20TTS239.pdf>
- Fernández, S. (10 de Mayo de 2021). Xataka Movil . Obtenido de <https://www.xatakamovil.com/>: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/que-ont-olt-que-importantes-quieres-cambiar-router-fibra-tu-operador-uno-neutro>
- Felicita, H. (2017). Trabajo De Titulación En Opción Al Grado De : 27–28. <http://190.11.245.244/bitstream/47000/1178/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-21.pdf>
- Felipe, A., Carmona, G., Oviedo, A. I., & Yepes, M. (2011). Simulador De Enlaces Scm-Wdm Para Redes Tipo Pon. Revista En Telecomunicaciones e Informática, 1(2), 75–95.
- Fibremex. (2011). Fibremex. Obtenido de <https://optronics.com.mx/modulos/eCommerce/fotos/fibra-optica.pdf>
- Furukawa Electric LatAm. (25 de Febrero de 2021). Furukawa Electric. Obtenido de www.furukawalatam.com: <https://www.furukawalatam.com/es/conexion-furukawa-detalles/gpon-y-fttx-como-funcionan-y-cual-es-su-relacion>
- Grazzini, H. O. (2020). Fibras Ópticas: Conceptos Teóricos y Aplicaciones Prácticas. Córdoba, Argentina: Jorge Sarmiento Editor - Universitas. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/175155>

- Hernández, G. (30 de Octubre de 2018). Fibra Óptica Hoy. Obtenido de [www.fibraopticahoy.com: https://www.fibraopticahoy.com/blog/cajas-nap-para-ftth/](https://www.fibraopticahoy.com/blog/cajas-nap-para-ftth/)
- Huawei . (2011). GPON Fundamentals. Shenzhen, China.
- INEC. (2020). Fascículo Provincial Pichincha. Quito: INEC.
- Martínez Bencardino, C. (2012). Estadística y muestreo (Décimo tercera edición ed.). Bogotá, D.C: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>
- Paz, J. F. (2017). Diseño de una red de acceso GPON para el sector del Centro Histórico del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Pazmiño Alvarez, G. H. (2017). Selección del tipo de Fibra Óptica más adecuada para la implementación en una red Punto a Punto, en el edificio Matriz de la Universidad Tecnológica Israel. Quito: Universidad Israel. Obtenido de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1298>
- Pinanson . (2021). Pinanson Español. Obtenido de [www.pinanson.eu: https://pinanson.eu/glossary/fibra-monomodosingle-mode-fibre/](https://pinanson.eu/glossary/fibra-monomodosingle-mode-fibre/)
- Pinanson. (2021). Pinanson Español. Obtenido de [pinanson.eu: https://pinanson.eu/glossary/fibra-multimodomultimode-fibre/](https://pinanson.eu/glossary/fibra-multimodomultimode-fibre/)
- Quarters, C. (2021). Tradeisay. Obtenido de [https://www.tradeisay.com/: https://www.tradeisay.com/articulos/que-es-un-splitter-de-fibra-optica.html](https://www.tradeisay.com/)
- Router-Switch. (31 de Diciembre de 2020). Router-Switch.com. Obtenido de <https://www.router-switch.com/faq/how-does-gpon-implement-upstream-and-downstream-transmission.html>
- Sánchez, I. C. (2019). Diseño de una Red de Fibra Óptica WDM PON de Bajo Costo. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1032/Nieto%20S%c3%a1nchez%2c%20Iv%c3%a1n%20Camilo-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Scheaffer, R. L. (2007). Elementos de muestreo (Sexta edición ed.). Madrid: Thomson.
- Sheldon. (23 de Octubre de 2018). Fs . Obtenido de [https://community.fs.com/: https://community.fs.com/es/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html](https://community.fs.com/)
- T.E.M . (12 de Agosto de 2019). T.E.M Electronic Components. Obtenido de [https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/21817/Cable-optico-todo-lo-que-deberias-saber/#:~:text=El%20cable%20%C3%B3ptico%20es%20un,es%20una%20onda%20de%20luz.&text=La%20fibra%20%C3%B3ptica%20est%C3%A1%20hecha,compleja%20\(haz%20de%20luz\).](https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/21817/Cable-optico-todo-lo-que-deberias-saber/#:~:text=El%20cable%20%C3%B3ptico%20es%20un,es%20una%20onda%20de%20luz.&text=La%20fibra%20%C3%B3ptica%20est%C3%A1%20hecha,compleja%20(haz%20de%20luz).)
- TechTarget. (Septiembre de 2020). TechTarget. Obtenido de [https://searchdatacenter.techtarget.com/:](https://searchdatacenter.techtarget.com/)

<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Fibra-hasta-el-hogar-Fiber-to-the-home-o-FTTH>

TELERAPID S.A. (01 de 06 de 2021). TELERAPID S.A. Obtenido de <https://teleraapid.ec/#banner>

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA TECNOLOGÍA GPON



Tecnología GPON

Encuesta realizada para la verificación de calidad de servicios brindados por los proveedores de internet, en el sector del Carmen bajo.

1. ¿Posee servicio de internet en su hogar actualmente?
 - a) Si
 - b) No

2. ¿Considera usted que el servicio de Internet es de primera necesidad para realizar actividades académicas, sociales y laborales?
 - a) Si
 - b) No

3. ¿Cuántos miembros de su círculo familiar maneja internet diariamente?
 - a) 1-2
 - b) 3-4
 - c) 5 o mas

4. ¿Cómo evaluaría usted el servicio actual prestado por su proveedor de internet?
 - a) Satisfactorio
 - b) Bueno
 - c) Regular
 - d) Malo

5. ¿Considera el costo a pagar por el servicio de internet es?
 - a) Muy alto
 - b) Normal
 - c) Bajo

6. ¿Usted cambiaría de proveedor de internet por una compañía que le ofrezca una mejor calidad de servicio y a su vez una mayor velocidad?
 - a) Si
 - b) No

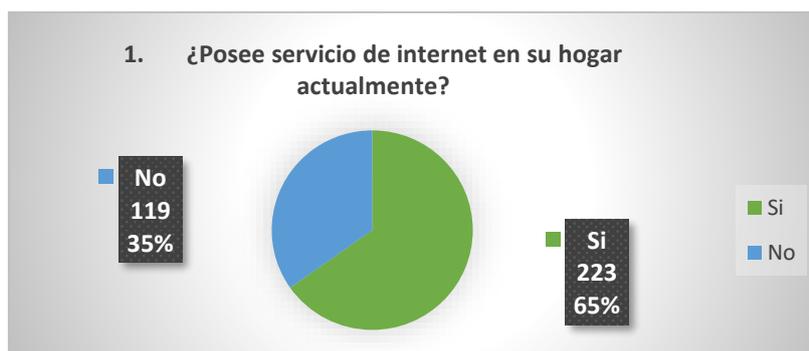
ANEXO 2

RESULTADOS ENCUESTA

En la primera pregunta: “¿Posee servicio de internet en su hogar actualmente?” se trata de recopilar información para determinar la cantidad de clientes que poseen este servicio en su domicilio. En la Tabla, se presentan las respuestas a la pregunta propuesta.

¿Posee servicio de internet en su hogar actualmente?	Número de usuarios de la muestra	Porcentaje
Si	223	65%
No	119	35%
Total	342	100%

La mayoría de los usuarios independiente de la tecnología del servicio de Internet o del proveedor, el 65% aseguró tener contratado un servicio de Internet, mientras solo el 35% de los encuestados no cuentan con ningún servicio de Internet.



En la segunda pregunta: “¿Considera usted que el servicio de Internet es de primera necesidad para realizar actividades académicas, sociales y laborales?”, se desea saber que tanta prioridad tiene el cliente con este servicio.

¿Considera usted que el servicio de Internet es de primera necesidad para realizar actividades académicas, sociales y laborales?	Número de usuarios de la muestra	Porcentaje
Si	328	96%
No	14	4%
Total	342	100%

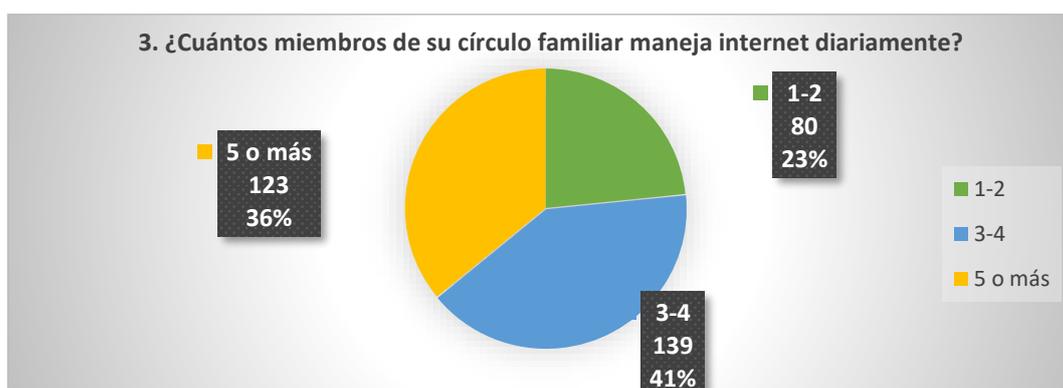
El gran porcentaje de usuarios afirma que el internet es un servicio de primera necesidad, debido a las adaptaciones en los trabajos y en la educación por la pandemia, mientras el 4% prefieren otros servicios básicos como de prioridad.



En la tercera pregunta: “¿Cuántos miembros de su círculo familiar maneja internet diariamente?”, se desea saber cuántos miembros de una misma familia pueden utilizar el servicio de Internet. En la Tabla se presentan las respuestas a la pregunta propuesta.

¿Cuántos miembros de su círculo familiar maneja internet diariamente?	Número de usuarios de la muestra	Porcentaje
1-2	80	23%
3-4	139	41%
5 o más	123	36%
Total	342	100%

El 41% de encuestados afirma que en sus hogares de 3 a 4 personas usan el Internet que tienen contratado, el 36% de los encuestados indicó que en sus hogares 5 o más personas usan Internet y el 23% de los encuestados afirma que en sus hogares 1 o 2 personas utilizan Internet.

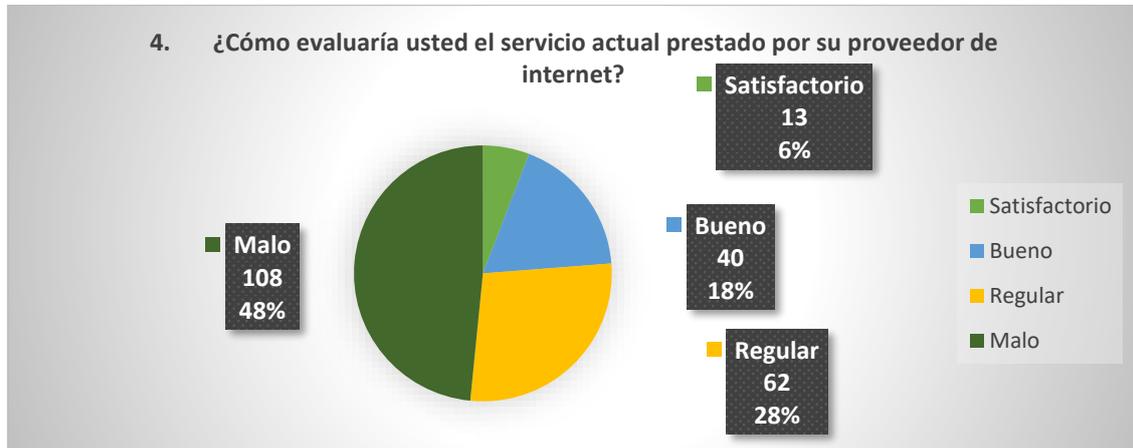


En la cuarta pregunta “¿Cómo evaluaría usted el servicio actual prestado por su proveedor de internet?”, se busca determinar la conformidad del cliente referente a su proveedor actual de Internet. En la Tabla se presentan las respuestas a la pregunta propuesta.

¿Cómo evaluaría usted el servicio actual prestado por su proveedor de internet?	Números de usuarios de la muestra	Porcentaje
Satisfactorio	13	6%
Bueno	40	18%

Regular	62	28%
Malo	108	48%
Total	223	100%

El 48% de encuestados su conformidad con el servicio es malo, el 28% es regular, el 18% considera el servicio bueno y al final el 6% de los usuarios consideran satisfactorio su servicio.



En la quinta pregunta “¿Considera el costo a pagar por el servicio de internet es?”, se busca determinar el costo del servicio de internet respecto al punto de vista del cliente, para mejorar en calidad precio. En la Tabla se presentan las respuestas a la pregunta propuesta.

¿Considera el costo a pagar por el servicio de internet es?	Números de usuarios de la muestra	Porcentaje
Muy Alto	173	51%
Normal	138	40%
Bajo	31	9%
Total	342	100%

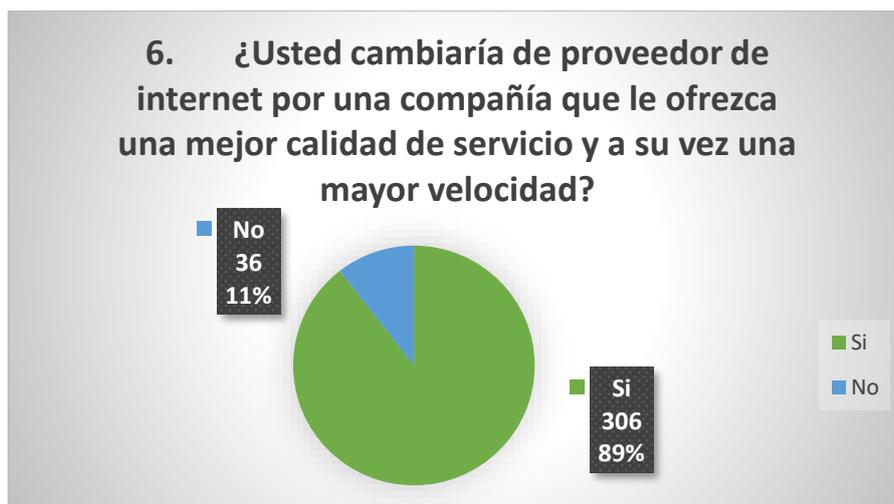
Como se puede observar en la Figura, el 51% considera que el precio del internet es muy alto, mientras que el 40% considera de ciertamente un costo normal, mientras que el 9% restante de los encuestados considera un precio bajo.



En la sexta pregunta “¿Usted cambiaría de proveedor de internet por una compañía que le ofrezca una mejor calidad de servicio y a su vez una mayor velocidad?”, se busca conocer el nivel de convencimiento del cliente, de renovar su contrato de internet, por uno que le ofrezca mejores beneficios.

¿Usted cambiaría de proveedor de internet por una compañía que le ofrezca una mejor calidad de servicio y a su vez una mayor velocidad?	Números de usuarios de la muestra	Porcentaje
Si	306	89%
No	36	11%
Total	342	100%

El 89% de los usuarios cambiarían de proveedor por cualquier opción que le den beneficios, tanto como precio y calidad de servicio, mientras que el 11% se quedaría con su proveedor actual.



EQUIPO OLT



Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal)

Compact design supporting flexible deployment of xPON, VDSL2+POTS Combo, and Ethernet for residential or business service applications.

Product Highlights

Compact and modular design: 2 RU, 19" rack mounting, 12" depth.

IO Slots: 2 slots for service cards, 2 slots for switch and control cards, 1 slot for redundant power input.

Switch and control card with uplink ports: 60 Gbps switch card with integrated 2 port 10GbE and 2 port 1GbE WAN uplinks.

Service cards: 8 or 16 port GPON, 4 port XG-PON1, 48 port VDSL2+POTS Combo.

All service cards are interchangeable with other MA5600 Series OLTs.

Large capacity in Small Size –

- 200 Gbps backplane
- 20 Gbps/slot capacity
- 120 Gbps load sharing switching capacity
- 2x10 Gbps uplink capacity

Advanced Layer 2 Functions –

- QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
- Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
- Flexible QinQ VLAN tagging
- DHCP Option 82 in L2 mode
- MEF-9 & MEF-14 certification

L3 Functions for maximum deployment flexibility –

- ARP, ARP proxy
- DHCP relay, DHCP proxy
- Static routing
- Dynamic routing: RIP, OSPF, ECMP
- Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping

High Reliability –

- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP, RRP
- Fiber redundancy with 50ms switchover
- Carrier Class Availability: Dual switch and control card, dual power input, PON port redundancy



The MA5608T Mini OLT is designed to address Fiber to the premise (FTTP) or deep fiber deployment scenarios where a large OLT chassis may not be the best fit for a variety of reasons. Huawei's mini OLT MA5608T is designed to be the perfect complement to the other MA5600 series larger OLTs and offers the same carrier grade features and performance.

MA5608T's compact and front access design make it an ideal solution for deployments in locations such as space-constrained huts, outdoor cabinets or building basements. It has AC and DC powering options, extended temperature range, and offers easy installation.

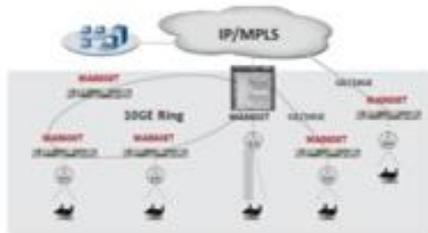
Designed to support ever-increasing bandwidth demand, MA5608T has 200 Gbps backplane. The combination of the high-capacity and line interfaces with best-in-class performance allows the operators to deliver a range of services for maximum revenue at highly competitive cost points.

The MA5608T shares the same product architecture with the MA5600 series OLTs to allow seamless network growth. It features:

- Shared services cards including GPON, XG-PON1 and VDSL2+POTS Combo. Any card, any slot in any combination.
- Dual switching and control cards for redundancy and loadsharing with GE and 10GE uplinks.
- Same software features and functions as other MA5600 series OLTs and interoperability with a large suite of ONTs, DSL CPEs, and Softswitches for voice service.

Product Features

GPON	<ul style="list-style-type: none"> • 16 ports per card or 8 ports per card • Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance • Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance • Up to 1:128 split ratio per GPON port • Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation
XG-PON1	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ports per card • Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance • Supports XFP optical modules
VDSL2+POTS Combo	<ul style="list-style-type: none"> • 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile • Two-pair bonding for maximum speed • G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer • Built-in support for SELT, DELT, and MELT • POTS line Loop-Start Operation • Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on "Ring" • Multiple CODECs – G.711 (µ-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726



MAS608T can be deployed in many different scenarios including:

- Direct interface to IP/MPLS networks
- Subtended via an aggregation node, e.g. MAS600T
- In a ring topology with MAS600T serving as the master node

Product Specifications

Powering Options	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
Dimensions (Height x Width x Depth)	3.47m x 17.4m x 9.63m
Operating Temperature	-40° F to +149° F
Storage Temperature	-40° F to +158° F
Cooling	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
Weight	7.8 lbs (3.55 kg) empty
Operating Humidity	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
Regulatory and Safety	UL listed, FCC, NEBS Level 3



Huawei Technologies (USA)
5700 Terryson Pkwy., Ste 500
Piano, TX 75024
Main: 214-919-6000
Email: usasales@huawei.com

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

Huawei is a leading global provider of communication telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communications of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers.

For more information, please visit www.huawei.com/us.

ANEXO 4

EQUIPO ROUTER



CCR1036-12G-4S

CCR1036-12G-4S is an industrial grade router with cutting edge 36 core CPU. If your network requires to operate with millions of packets per second - Cloud Core Router with 36 cores is your best choice.

The device comes in a 1U rackmount case, has four SFP ports, twelve Gigabit Ethernet ports, a serial console cable and a USB port.



- 36 core CPU
- 1.2 GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture
- 28.8 mpps fastpath forwarding (wire speed for all ports)
- Up to 16 Gbit/s throughput
- 1U rackmount case
- 12 Gigabit Ethernet ports
- 4 SFP ports
- Color touchscreen LCD
- Ports directly connected to CPU



The new r2 version has onboard 4 GB of RAM (8 GB for CCR1036-12G-4S-EM model), onboard M.2 slot, full size USB slot and dual PSU for redundancy.

CCR1036-12G-4S

Specifications

Product code	CCR1036-12G-4S	CCR1036-12G-4S-EM
CPU	TilePro Tile-Gx36 CPU, 36 cores, 1.2 GHz per core	
Size of RAM	4 GB	8 GB
Storage	1 GB NAND, 512 KB flash	
10/100/1000 Ethernet ports	12	
Supported input voltage	AC power supply 100 - 240 V	
1G SFP ports	4	
Redundant supply	Yes	
USB port	USB type A	
Serial port	RJ45	
Dimensions	443 x 193 x 44 mm	
Operating temperature	-20°C .. +60°C	
Operating system	RouterOS, License level 6	
Max power consumption	60 W	

Included parts



2 IEC cords



Screw and feet kit (K10)



Rack ears

EQUIPO SWITCH

INTELSA



SWITCH 24 PUERTOS 10/100/1000 marca QPCOM

Modelo: QP-G240R

Switch de 24 puertos 10/100/1000 mbps

Estándares IEEE 802.3, IEEE
802.3u, IEEE 802,3ab Dimensiones
(L* A* P) mm 437 mm *180mm
*44mm LED 1*power: 24*link/act
Puertos 24 * 10/100/1000 mbps ports RJ45
Velocidad de Reenvío 10MBPS : 14880pps, 100Mbps: 148800
pps, 1000Mbps: 1488000pps
Capacidad de Switching 48Gbps
Temperatura Operativa 0°C ~ 40°C
Temperatura de Almacenamiento (-) 40°C ~ 70°C
Humedad de Funcionamiento 10% ~ 90%RH sin condensación
Humedad de Almacenamiento 5% ~ 90%RH sin condensación

ANEXO 6

EQUIPO ODF

ODF 24 PUERTOS 19" CON RIEL PARA RACK

Caja o módulo de distribución de fibra óptica, 19 ", 1U, se utiliza para conectar la fibra óptica y el equipo de la oficina central, con bandeja de empalme, con adaptador SC.



Descripción del producto

- Conveniencia para la instalación de fibra y adaptador adicional.
- Tamaño 1U, hasta 24 puertos, 4 entradas de cable.
- Todos los accesorios incluidos.
- Fácil de operar y mantenimiento.
- Paneles frontales adecuados para adaptadores FC, SC.
- Caja de material plástico,
- Instalación: escritorio, armario

ANEXO 7

ANÁLISIS COMPARATIVO DE EQUIPOS

Especificaciones	OLT Huawei MA5608T	OLT SBA-FD1508GS
Presentación		
Características del equipo	<p>Fuente de alimentación: DC: -38.4VDC a -72VDC AC: 100V a 240V</p> <p>Temperatura de trabajo: - 4.44 °C a 65°C</p> <p>Temperatura de almacenamiento: -4.44 °C a 70°C</p> <p>Dimensión: 245mm(L)*442mm(W)*88mm(H)</p> <p>Peso: 4Kg</p>	<p>Fuente de alimentación: DC: -36VDC a -72VDC AC: 90V a 240V</p> <p>Temperatura de trabajo: 0 °C a 50°C</p> <p>Temperatura de almacenamiento: -40 °C a 85°C</p> <p>Dimensión: 440mm(L)*391mm(W)*44mm(H)</p> <p>Peso: 3.55Kg</p>
Parámetros	<p>Especificaciones de puertos PON:</p> <p>Distancia de Transmisión: 40 Km</p> <p>Velocidad de datos en Downstream 2.5/1.2 Gbps</p> <p>Velocidad de datos en Upstream 1.2Gbps</p> <p>Puertos 2 puertos para tarjetas de servicio, 2 puertos para tarjetas de control y switch, 1 puerto para entrada de alimentación redundante. 2 puertos 10GbE y 2 puertos 1GbE WAN uplinks.</p> <p>Tasa máxima de Spliteo 1:128</p> <p>Tipo de Puerto PON ITU-TG.984.2 clase B+ or C+</p>	<p>Especificaciones de puertos PON:</p> <p>Distancia de Transmisión: 20Km</p> <p>Velocidad de datos en Downstream 2.5Gbps</p> <p>Velocidad de datos en Upstream 1.25Gbps</p> <p>Puertos 1 ranura para tarjeta de enlace 1*10 Gigabit, 2 ranuras para módulos de alimentación</p> <p>Tasa máxima de Spliteo 1:128</p> <p>Tipo de Puerto PON ITU-TG.984.2clase B+</p>

Especificaciones	CCR1036-12G-4S	CCR1009-7G-1C-PC
Presentación		
Características del equipo	Fuente de alimentación: AC: 100V a 240V Temperatura de trabajo: -20°C +60°C Dimensión: 443 x 193 x 44 mm Consumo máximo de energía: 60W CPU: Tiler Tile-Gx36 CPU	Fuente de alimentación: AC: 100V a 240V Temperatura de trabajo: -20°C a 60°C Dimensión: 272 x 190 x 44 mm Consumo máximo de energía: 30W CPU: TLR4-00980
Parámetros	Puertos Ethernet 10/100/1000: 12 Tamaño de memoria RAM: 4GB/8GB Puerto Serial: USB type A Puerto USB: RJ45 Núcleos de CPU: 36 Núcleos Almacenamiento: 1 GB NAND, 512 KB flash Pantalla: LCD de pantalla táctil a color	Puertos Ethernet 10/100/1000: 7 Tamaño de memoria RAM: 1GB Puerto Serial: MicroUSB type AB Puerto USB: RJ45 Núcleos de CPU: 9 Núcleos Almacenamiento: 128 MB NAND Pantalla: No posee

ANEXO 8

PARÁMETROS ÓPTICOS DE INTERFAZ ITU-T G.984.6

Items	Unit	OEO type	OA type
Extender transmitter			
Nominal bit rate	Mbit/s	1244.16	NA
Operating wavelength	nm	1290-1330	1290-1330 or 1300-1320 (Note 1)
Line code	–	Scrambled NRZ	NA
Mask of the transmitter eye diagram	–	Figure 10	NA
Maximum reflectance of equipment, measured at transmitter wavelength	dB	Less than –6	Less than –6
Minimum ORL of OFT at R'/S'	dB	More than 32	More than 32
ODN class rating of the extender R'/S'		B+	B+
Mean launched signal power MIN	dBm	0.5	(Note 2)
Mean launched signal power MAX	dBm	+5	(Note 2)
Launched optical power without input to the transmitter	dBm	Less than min sensitivity –10	NA
Maximum Tx enable (Note 3)	Bits	16	NA
Maximum Tx disable (Note 3)	Bits	16	NA
Extinction ratio	dB	More than 10	NA
Tolerance to transmitter incident light power	dB	More than –15	NA
MLM laser – Maximum RMS width	nm	NA	NA
SLM laser – Maximum –20 dB width (Note 4)	nm	1	NA

Items	Unit	OEO type	OA type
Extender transmitter			
Nominal bit rate	Mbit/s	2488.32	NA
Operating wavelength	nm	1480-1500	1480-1500
Line code	–	Scrambled NRZ	NA
Mask of the transmitter eye diagram	–	Figure 12	NA
Maximum reflectance of equipment, measured at transmitter wavelength	dB	NA	NA
Minimum ORL of ODN at S'/R'	dB	More than 32	More than 32
ODN class rating of the extender S'/R'		B+	B+
Mean launched power MIN	dBm	+1.5	(Note 1)
Mean launched power MAX	dBm	+5	(Note 1)
Launched optical power without input to the transmitter	dBm	NA	NA
Extinction ratio	dB	more than 10	NA
Tolerance to the transmitter incident light power	dB	more than –15	NA
If MLM laser – Maximum RMS width	nm	NA	NA
If SLM laser – Maximum –20 dB width (Note 2)	nm	1	NA
If SLM laser – Minimum side mode suppression ratio	dB	30	NA
Jitter transfer	–	Figure 13	NA
Jitter generation from 5.0 kHz to 20.0 MHz	Ulp-p	0.3	NA
Maximum ASE power in 1400-1600 nm band launched toward ONUs relative to the launched output signal power. Condition: –23 dBm signal input power at R'/S'.	dB	NA	5
Maximum ASE output power in 1200-1400 nm band launched toward ONUs. Condition: –28 dBm 1310 nm signal input power at S'/R'	dBm	NA	9
ONU receiver			
Maximum reflectance of equipment, measured at receiver wavelength	dB	Less than –20	Less than –20
Bit error ratio	–	Less than 10 ⁻¹⁰	Less than 10 ⁻¹⁰
ODN class rating of the ONU interface		B+	B+
Minimum sensitivity (back-to-back)	dBm	–27	–27
Minimum overload	dBm	–8	–8
Consecutive identical digit immunity	Bit	More than 72	More than 72
Jitter tolerance	–	Figure 14	Figure 14
Tolerance to the reflected optical power	dB	Less than 10	Less than 10
Additional penalty due ASE-related power bias at ONU receiver	dB	NA	0.5 dB

ANEXO 9

COMPARATIVA TECNOLOGÍAS PON Y ESTÁNDARES ITU-T G984X

	EPON	BPON	GPON
Estándar	IEEE 802.3ah	ITU-T series G.983.x	ITU-T series G.984.x
Medio de Transmisión	Fibra óptica	Fibra óptica	Fibra óptica
Protocolos de capa 2	Ethernet	ATM	Ethernet, TDM sobre GEM, ATM
Tasa bits descendente (Mbps)	1250	155.52, 622.08, 1244.16	1244.16, 2488.32
Tasa bits ascendente (Mbps)	1250	155.52, 622.08	155.52, 622.08, 1244.16, 2488.32
Alcance máximo físico	10/20 Km	10/20 Km	10/20 Km
Máxima distancia Lógica	N/A	20 Km (ONU-ONU)	60 Km (OLT-ONU) 20 Km (ONU-ONU)
Codificación	8B/10B	NRZ + Aleatorización	NRZ + Aleatorización
Video	RF+IP	RF	RF+IP
Seguridad	No definida	Churning o AES	AES
Gestión y Mantenimiento (OAM)	Ethernet OAM, SNMP	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI
Eficiencia Típica (depende del servicio)	61% upstream 73% downstream	80% upstream 83% downstream	94% upstream 93% downstream
Soporte TDM	TDM sobre paquetes	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes
Radio de división máximo	1:32	1:64 (1:32 en la práctica)	1:128 (1:64 en la práctica)
Número de prioridades	8	4	5
Banda media por usuario	30 Mbps	20 Mbps	40 Mbps
Costo estimado	El más bajo	Bajo	Medio

Estándar	Descripción
ITU-T G984.1	Describe los parámetros de protección de la red, así como su funcionamiento y constitución para llegar a un equipo.
ITU-T G984.2	Especificaciones de los parámetros ODN, del puerto óptico bidireccional y estructura de localizaciones en la capa física.
ITU-T G984.3	Especificaciones de la capa TC, arquitectura de multiplexación GTC y pila de protocolos, trama GTC, registro y activación de ONU, especificación de DBA, alarmas y rendimiento.
ITU-T G984.4	Formatos de mensajes, dispositivo de gestión y principios de trabajo OMCI.
ITU-T G984.5	Sugiere un rango de bandas y longitudes de onda aplicadas a señales para nuevos servicios, utilizando la multiplexación de información (WDM).

ANEXO 10

PÉRDIDAS POR INSERCIÓN DE LOS SPLITTER ITU-T G.671

X	1 × X	
	Min. IL (dB)	Max. IL (dB)
2	2.6	4.2
3	4.1	6.3
4	5.4	7.8
6	6.8	9.9
8	8.1	11.4
12	9.5	13.5
16	10.8	15.0
24	12.0	17.1
32	13.1	18.6

ANEXO 11

ATRIBUTOS DE LA FIBRA ÓPTICA ITU-T G.652.D

Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.2	μm
	Tolerance	± 0.4	μm
Cladding diameter	Nominal	125.0	μm
	Tolerance	± 0.7	μm
Core concentricity error	Maximum	0.6	μm
Cladding noncircularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	λ _{omin}	1300	nm
	λ _{omax}	1324	nm
3-term Sellmeier fitting (1260 nm to 1460 nm)	S _{omin}	0.073	ps/(nm ² × km)
	S _{omax}	0.092	ps/(nm ² × km)
Linear fitting (1460 nm to 1625 nm)	Minimum at 1550 nm	13.3	ps/(nm × km)
	Maximum at 1550 nm	18.6	ps/(nm × km)
	Minimum at 1625 nm	17.2	ps/(nm × km)
	Maximum at 1625 nm	23.7	ps/(nm × km)
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.40	dB/km
	Maximum at 1383 nm ±3 nm after hydrogen ageing (Note 3)	0.40	dB/km
	Maximum at 1530-1565 nm	0.30	dB/km
PMD coefficient (Note 4,5)	M	20	cables
	Q	0.01	%
	Maximum PMD ₀	0.20	ps/√km
<p>NOTE 1 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm. Attenuation coefficient at a wavelength longer than 1625 nm (for monitoring purpose) is not well known. In general, the attenuation increases as the wavelength increases, and it may show steep wavelength dependence due to both macro- and microbending losses.</p> <p>NOTE 2 – This wavelength region can be extended to 1260 nm by adding 0.07 dB/km induced Rayleigh scattering loss to the attenuation value at 1310 nm.</p>			

ANEXO 12

FIBRA ÓPTICA DE TIPO MONOMODO ITU-T G.652.D

PROPIEDADES ÓPTICAS			
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 1310 o 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

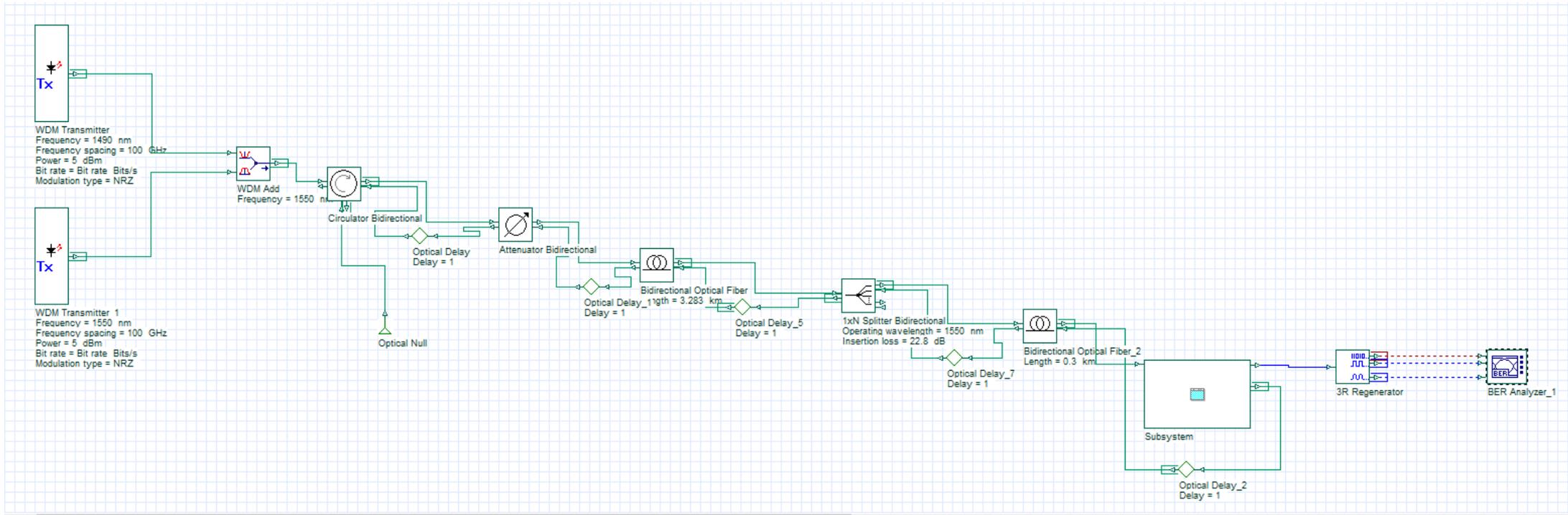
ANEXO 13

PERDIDAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS PERMITIDAS ITU-T G.984.5

<u>OPL class</u>	<u>B+</u>	<u>C+</u>
<u>Minimum loss</u>	<u>13 dB</u>	<u>17 dB</u>
<u>Maximum loss</u>	<u>28 dB</u>	<u>32 dB</u>
<u>NOTE – Optical path loss classes B+ and C+ are generally applicable for GPON and XG(S)-PON MPM from the S/Rm point, including both single and dual receiver's configuration.</u>		

ANEXO 14

DISEÑO GENERAL DE LA RED GPON



ANEXO 15

Fotos

