



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA  
GPON PARA PROVEER EL SERVICIO DE INTERNET A LA  
PARROQUIA QUIMIAG PERTENECIENTE AL CANTÓN  
RIOBAMBA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR:**

**LUIS FERNANDO QUIHUIRI GAGÑAY**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA  
GPON PARA PROVEER EL SERVICIO DE INTERNET A LA  
PARROQUIA QUIMIAG PERTENECIENTE AL CANTÓN  
RIOBAMBA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR:** LUIS FERNANDO QUIHUIRI GAGÑAY

**DIRECTOR:** Ing. HUGO OSWALDO MORENO AVILES, PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Luis Fernando Quihuiri Gagnay**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Luis Fernando Quihuiri Gagñay, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 6 de julio de 2022



Luis Fernando Quihuiri Gagñay

060510089-0

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA TELECOMUNICACIONES**

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Propuesta Tecnológica **DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA PROVEER EL SERVICIO DE INTERNET A LA PARROQUIA QUIMIAG PERTENECIENTE AL CANTÓN RIOBAMBA**, realizado por el señor: **LUIS FERNANDO QUIHUIRI GAGÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Diego Fernando Veloz Chérrez. Msc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-06
PhD. Hugo Oswaldo Moreno Avilés <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-07-06
Ing. Oswaldo Martinez Guashima <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		22-07-06

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico a las dos personas más importantes de mi vida que cuando estuvieron a mi lado me llenaron de fuerza, fortaleza y valor para culminar con el proceso universitario y hoy que se encuentra en un mejor lugar junto a Dios me siguen llenando de fuerza y fortaleza para culminar con mis estudios. A mi familia, amigos y docentes por regalarme la confianza necesaria y su apoyo incondicional.

Fernando Quihouri

## **AGRADECIMIENTO**

En el presente trabajo, dejo plasmado mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes siempre me apoyaron y me siguen apoyando desde el lugar en el que se encuentren. A mi familia, por no dejarme rendirme y poder culminar con mi carrera.

A todos los docentes que, a través del tiempo, me impartieron sus conocimientos en la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fernando Quihui

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	2
ANTECEDENTES .....	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	4

## CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO .....	6
1.1.	Introducción a los sistemas de comunicación ópticos .....	6
1.2.	Tipos de fibra óptica.....	11
1.3.	Estudio de las Redes Ópticas Pasivas (PON).....	14
1.4.	Análisis de las redes GPON .....	18
1.5.	Contextualización de las tecnologías FTTx y sus servicios.....	22
1.6.	Características técnicas para análisis de la red GPON.....	25
1.7.	Modelos de redes GPON .....	28
1.8.	Análisis de los simuladores para diseños de la red GPON .....	30
1.9.	Comparativa entre herramientas .....	31

## CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO .....	33
2.1.	Tipos de investigación .....	33
2.2.	Investigación Bibliográfica .....	33

2.3.	Investigación Descriptiva .....	33
2.4.	Requerimientos de la red .....	33
2.5.	Parametrización de la red .....	35
2.6.	Equipos necesarios y Ancho de banda .....	37
2.7.	Distribución de Hilos .....	38
2.8.	Diseño de la red GPON .....	40
2.9.	Diseño de la red Feeder y de Distribución .....	41
2.10.	Presupuesto óptico.....	47
2.11.	Diseño georreferenciado.....	51
2.12.	Diseño del radio enlace para comunicación.....	54
2.13.	Especificaciones técnicas de los equipos.....	59

### **CAPITULO III**

3.	EVALUACIÓN Y RESULTADOS .....	66
3.1.	Simulación de la red .....	66
3.2.	Descripción de la OLT .....	66
3.3.	Descripción de la ODN.....	67
3.4.	Descripción de la ONU .....	67
3.5.	Resultados obtenidos .....	68
3.6.	Costo de Inversión .....	75
3.7.	Implementación de la red.....	79

CONCLUSIONES.....	85
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	86
----------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Conceptos de componentes en un sistema de comunicación .....	7
<b>Tabla 2-1:</b>	Diferencia entre Cable coaxial y fibra óptica .....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Componentes de una red PON .....	15
<b>Tabla 4-1:</b>	Características redes xPON.....	19
<b>Tabla 5-1:</b>	Especificaciones de la normativa G894.X .....	20
<b>Tabla 6-1:</b>	Clases de Redes GPON.....	27
<b>Tabla 7-1:</b>	Evaluación de los parámetros .....	32
<b>Tabla 1-2:</b>	Red troncal FT1_0_0(6).....	38
<b>Tabla 2-2:</b>	Red troncal FT1_0_0(6).....	39
<b>Tabla 3-2:</b>	Red troncal FT3_0_0(6).....	39
<b>Tabla 4-2:</b>	Diseño de la primera red Feeder FT1_0_0(6)(1..3).....	41
<b>Tabla 5-2:</b>	Diseño de la segunda red Feeder FT2_0_0(6)(1..2) .....	43
<b>Tabla 6-2:</b>	Diseño de la tercera red Feeder FT3_0_0(6)(1..2) .....	45
<b>Tabla 7-2:</b>	Elementos de la red Georreferenciados .....	52
<b>Tabla 8-2:</b>	Equipos utilizados para comunicación .....	55
<b>Tabla 9-2:</b>	Especificaciones Técnicas DYNADISH 5 AC MIKROTIK .....	56
<b>Tabla 10-2:</b>	Especificaciones Técnicas N5-X25 MIMOSA.....	56
<b>Tabla 11-2:</b>	Especificaciones Técnicas LHG 5AC MIKROTIK .....	57
<b>Tabla 12-2:</b>	Especificaciones Técnicas Router CCR1036 12G 4S .....	58
<b>Tabla 13-2:</b>	Especificaciones Técnicas Router RB1100AHx2 .....	58
<b>Tabla 14-2:</b>	Características Técnicas Router CCR1036 8G 2S .....	59
<b>Tabla 15-2:</b>	Características de la OLT.....	60
<b>Tabla 16-2:</b>	Detalles técnicos del equipo ONT.....	61
<b>Tabla 17-2:</b>	Características enerales del Micro PLC Splitter .....	61
<b>Tabla 18-2:</b>	Características generales de la caja de distribución óptica .....	62
<b>Tabla 19-2:</b>	Características técnicas de la roseta óptica.....	63
<b>Tabla 20-2:</b>	Características técnicas Pigtail FO.....	63
<b>Tabla 21-2:</b>	Características técnicas Patch cord de Fibra .....	64
<b>Tabla 22-2:</b>	Fibra Óptica ADSS de 48 hilos.....	65
<b>Tabla 1-3:</b>	Inversión de la Red Feeder.....	75
<b>Tabla 2-3:</b>	Inversión de la Red Distribución.....	76
<b>Tabla 3-3:</b>	Inversión de la Red Dispersión .....	76
<b>Tabla 4-3:</b>	Inversión total red Feeder 1 .....	76
<b>Tabla 5-3:</b>	Inversión de la Red Feeder.....	77
<b>Tabla 6-3:</b>	Inversión de la Red Distribución.....	77

<b>Tabla 7-3:</b>	Inversión de la Red Dispersión .....	77
<b>Tabla 8-3:</b>	Inversión total red Feeder 2 .....	77
<b>Tabla 9-3:</b>	Inversión de la Red Feeder.....	78
<b>Tabla 10-3:</b>	Inversión de la Red Distribución.....	78
<b>Tabla 11-3:</b>	Inversión de la Red Dispersión .....	78
<b>Tabla 12-3:</b>	Inversión total de red Feeder 3.....	79
<b>Tabla 13-3:</b>	Inversión total de la red GPON en Quimiag .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Modelo de componentes en un sistema de comunicaciones.....	6
<b>Figura 2-1:</b>	Componentes de la fibra óptica .....	9
<b>Figura 3-1:</b>	Índice de reflexión.....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Refracción de la luz.....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Fibra monomodo .....	12
<b>Figura 6-1:</b>	Fibra multimodo .....	13
<b>Figura 7-1:</b>	Red PON .....	15
<b>Figura 8-1:</b>	Arquitectura equipo OLT .....	16
<b>Figura 9-1:</b>	Arquitectura interna splitter.....	17
<b>Figura 10-1:</b>	Arquitectura ONT .....	17
<b>Figura 11-1:</b>	Arquitectura red GPON .....	19
<b>Figura 12-1:</b>	Arquitectura red FTTB/GPON .....	23
<b>Figura 13-1:</b>	Arquitectura red FTTC/GPON .....	23
<b>Figura 14-1:</b>	Arquitectura red FTTN/GPON.....	24
<b>Figura 15-1:</b>	Arquitectura red FTTH/GPON.....	25
<b>Figura 16-1:</b>	Diagrama de Ojo .....	26
<b>Figura 17-1:</b>	Modelo Masivo Casas .....	28
<b>Figura 18-1:</b>	Modelo Masivo Urbanizaciones (hasta 48 clientes) .....	28
<b>Figura 19-1:</b>	Modelo Masivo Urbanizaciones (48 a 96 clientes).....	28
<b>Figura 20-1:</b>	Modelo Masivo Edificios .....	28
<b>Figura 21-1:</b>	Modelo Parque Industrial .....	29
<b>Figura 22-1:</b>	Modelo 3G y 4G.....	30
<b>Figura 1-2:</b>	Esquema del proyecto a diseñar por la empresa RIOFIBER, CEDIA Y LA ESPCOH.....	34
<b>Figura 2-2:</b>	Nomenclatura de la red Feeder .....	35
<b>Figura 3-2:</b>	Nomenclatura de la red de distribución .....	36
<b>Figura 4-2:</b>	Nomenclatura NAPS .....	36
<b>Figura 5-2:</b>	Ubicación geográfica Cantón Quimiag.....	40
<b>Figura 6-2:</b>	Distribución de la red Feeder FT1 .....	42
<b>Figura 7-2:</b>	Red de distribución 1FD1.....	42
<b>Figura 8-2:</b>	Redes de distribución 1FD2 Y 1FD3.....	43
<b>Figura 9-2:</b>	Distribución de la red Feeder FT2 .....	44
<b>Figura 10-2:</b>	Red Feeder FT2 y red de distribución 2FD1 .....	44
<b>Figura 11-2:</b>	Red de distribución 2FD2.....	45

<b>Figura 12-2:</b>	Distribución de la red Feeder FT3 .....	46
<b>Figura 13-2:</b>	Distribución de la red Feeder FT3 y redes de dispersión 3FD1 .....	46
<b>Figura 14-2:</b>	Distribución de las redes de dispersión 1FD2 Y 1FD3 .....	47
<b>Figura 15-2:</b>	Modelo masivo/casa .....	48
<b>Figura 16-2:</b>	Diseño planimetría red GPON.....	52
<b>Figura 17-2:</b>	Radioenlace Oficina Matriz, Cerro San Francisco, Quimiag .....	54
<b>Figura 18-2:</b>	Diagrama de conexión.....	55
<b>Figura 19-2:</b>	Micro PLC Splitter .....	61
<b>Figura 1-3:</b>	Elementos del transmisor de la OLT ubicada en la parroquia Quimiag.....	66
<b>Figura 2-3:</b>	ODN (Red de distribución óptica).....	67
<b>Figura 3-3:</b>	ONU (Unidad de red óptica) .....	68
<b>Figura 4-3:</b>	Potencia de salida de la OLT .....	68
<b>Figura 5-3:</b>	Red Completa desde la ONT hasta de la ONU del usuario más lejano de la Reed Feeder 1.....	69
<b>Figura 6-3:</b>	Potencia de llegada al usuario más lejano de la red Feeder 1 .....	69
<b>Figura 7-3:</b>	Facto Q del usuario más lejano de la red Feeder 1 .....	70
<b>Figura 8-3:</b>	Mínimo BER del usuario más lejano de la red Feeder 1.....	71
<b>Figura 9-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más lejano de la red Feeder 1 .....	72
<b>Figura 10-3:</b>	Red Completa desde la ONT hasta de la ONU del usuario más cercano de la Reed Feeder 1.....	72
<b>Figura 11-3:</b>	Potencia de llegada al usuario más cercano de la red Feeder 1 .....	73
<b>Figura 12-3:</b>	Factor Q del usuario más cercano de la red Feeder 1 .....	73
<b>Figura 13-3:</b>	Mínimo BER del usuario más cercano de la red Feeder 1 .....	74
<b>Figura 14-3:</b>	Diagrama de ojo del usuario más cercano de la red Feeder 1 .....	75
<b>Figura 15-3:</b>	Edificación donde se encuentra la oficina central en Quimiag .....	79
<b>Figura 16-3:</b>	Implementación de OLT en Quimiag .....	80
<b>Figura 17-3:</b>	Preparación de la fibra óptica de 48 hilos para insertar en la OLT .....	80
<b>Figura 18-3:</b>	OLT-Quimiag, implementada y en funcionamiento .....	81
<b>Figura 19-3:</b>	Tendido de FO del último tramo de la red 1FD3 y la NAP 1-C1 .....	81
<b>Figura 20-3:</b>	Modelo de caja NAPS instaladas en la red de Quimiag .....	82
<b>Figura 21-3:</b>	Fusion de hilos opticos.....	83
<b>Figura 22-3:</b>	Equipo instalado al abonado .....	84

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DYNADISH 5 AC MIKROTIK

**ANEXO B:** ANTENA N5-X25 MIMOSA Y RADIO C5X MIMOSA

**ANEXO C:** ANTENA Y RADIO LHG 5AC MIKROTIK

**ANEXO D:** ROUTER CCR1036 12G 4S

**ANEXO E:** ROUTER RB1100 AHX2 – 13 PUERTOS

**ANEXO F:** SIMULACIÓN DE LA RED

**ANEXO G:** FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED

**ANEXO H:** MAPA RED QUIMIAG

**ANEXO I:** ELEMENTOS GEOREFERNCIADOS MEDIANTE EL INSTRUCTIVO DE LA  
ARCOTEL

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue el diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de internet a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba. Para el análisis y diseño de la red se realizó una simulación del comportamiento de la Red en el Software OptySystem, en el cual, se validó diferentes parámetros de rendimiento como la velocidad de transmisión, la potencia de transmisión entre los usuarios más cercanos y lejanos de la OLT. Fue importante resaltar que, la velocidad de transferencia al igual que la potencia entregada debe asemejarse a los valores planteados por la normativa ITU-T G.984.2, para el diseño de la red se estableció la conexión de MANGAS con capacidad de transmisión de 1:4 para la red de distribución y NAPS con capacidad de transmisión de 1:16 para la red de dispersión. Se utilizó fibra monomodo con conexión aérea a través de los postes, los equipos que fueron utilizados en el diseño son de marca HUAWEI. El diseño de la red fue viable y tiene la capacidad de ser totalmente escalable para nuevos servicios comunes en la tecnología GPON, como es el caso de voz video y datos, además de cumplir con el estándar G.984.2 para redes GPON FTTH, el diseño presenta un sistema robusto de comunicación con alta disponibilidad. Se recomienda implementar atenuadores de potencia a fin de mitigar cualquier tipo de ruido que se presente durante la transmisión; además, siempre se debe trabajar en los diseños de red con una escala de 1:1 para la obtención de valores reales del servicio y cálculo exacto de distancias.

**Palabras clave:** <REDES GPON>, <MEDIOS DE TRANSMISIÓN>, <LONGITUDES DE ONDA>, <REDES DE NUEVA GENERACIÓN>, <SERVICIOS TRIPLE PLAY>, <VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA>.

1685-DBRA-UTP-2022



## SUMMARY

The objective of this degree work was the design of a fiber optic network with GPON technology to provide internet service to the Quimiag parroquia which belong to the Riobamba canton. For the analysis and design of the network, a simulation of the behavior of the network was carried out in the OptySystem Software, in which different performance parameters were validated, such as the transmission speed, the transmission power between the closest and most distant users of the OLT. It was important to highlight that the transfer rate, as well as the power delivered, must be similar to the values set by the ITU-T G.984.2 standard. For the design of the network, the MANGAS connection with a transmission capacity of 1:4 for the distribution network and NAPS with transmission capacity of 1:16 for the dispersion network. Single-mode fiber with aerial connection through the poles was used, the equipment that was used in the design is HUAWEI brand. The network design was viable and has the ability to be fully scalable for new common services in GPON technology, such as voice, video and data, in addition to complying with the G.984.2 standard for GPON FTTH networks, the design It presents a robust communication system with high availability. It is recommended to implement power attenuators in order to mitigate any type of noise that occurs during transmission; In addition, network designs should always be worked with a scale of 1:1 to obtain real values of the service and exact calculation of distances.

Keywords: <GPON NETWORKS>, <TRANSMISSION MEDIA>, <WAVELENGTHS>, <NEW GENERATION NETWORKS>, <TRIPLE PLAY SERVICES>, <TRANSFER SPEED>.



MSc. Wilson G. Rojas

C.I 0602361842

## **INTRODUCCIÓN**

La conexión a internet no es una tendencia nueva, esta ha revolucionado al mundo entero y forma parte de la globalización tecnológica, puesto que, sin esta no existiría una conexión entre regiones, países o continentes, y tendría un aspecto negativo en el sector comercial económico; es por tal motivo que dicha tecnología, es en la actualidad un factor de gran importancia para la sociedad, y es una herramienta esencial en el ámbito del diario vivir como: el laboral, educativo, medicinal, o hasta religioso, este tipo de comunicación tiene un alcance tal que ni sus desarrolladores e inventores se imaginaron el alcance del mismo.

El internet, tecnología que fue creada para fines militares de defensa para los Estados Unidos, revolucionó los sistemas de comunicaciones comúnmente conocidos, esto permitió al internet ser desarrollado para mayores usos, desde el correo electrónico hasta servicios de alta demanda en tiempo real, como es los servicios de video conferencia y streaming. Día a día este medio adquiere diferentes usos y es así como la importancia de tener un mayor alcance se hace evidente con el pasar de los días, puesto que, en los tiempos actuales es el medio de comunicación más utilizado a nivel mundial.

Otro aspecto importante para el crecimiento del internet en el último año es el cambio que ha sufrido el planeta entero en cuestión de confinamiento y nuevas modalidades de las actividades cotidianas que se realizaba de manera presencial. El teletrabajo, la educación virtual son una realidad en la época actual, esta ha permitido al mundo funcionar de manera casi normal en sus actividades a pesar del confinamiento. Sin embargo, esto ha elevado la gran demanda que poseía el internet, por otra parte, no todos los sectores geográficos poseen acceso a este recurso, y esto ha puesto en riesgo ciertos sectores en el país. La gran acogida y la alta demanda de este servicio, obliga a sus proveedores no solo a mejorar la calidad de este, pues su rentabilidad también se basa en llegar a diferentes sectores sin importar su lejana ubicación geográfica.

Es así como nace la propuesta metodológica del presente estudio, la cual se encuentra sustentada en el Diseño de una red GPON para la parroquia Quimiag debido a la necesidad que tienen sus habitantes para utilizar este medio de conexión. La investigación tiene por objetivo diseñar una red GPON en la parroquia Quimiag, a fin de que sus habitantes tengan acceso a este recurso tan importante en la actualidad, y de esta forma brindar un servicio de comunicación entre sus pobladores, para los diferentes usos que puede brindar el internet.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **Antecedentes**

En la actualidad, el alto consumo de recursos de internet en los hogares y las empresas, pone en manifiesto la necesidad de nuevas tecnologías para la comunicación en las redes de computadores, hoy en día, el recurso más eficiente y eficaz que se tiene es la transmisión de datos por fibra óptica en comparación a las dos comunicaciones tradicionales, como son: la radio y el cable, además la fibra posee la característica muy importante que es la capacidad de soportar las aplicaciones de nueva generación, como: triple play, televisión HD en vivo, interconexión de redes entre otros. Por consiguiente, la demanda existente de la sociedad sobre los servicios de telecomunicaciones es amplia específicamente en el servicio de Internet, esto hace que, los operadores implementen nuevas tecnologías con el propósito de mejorar la calidad de sus servicios ofertados.

El Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador en el Macro tiene como Objetivo completar y fomentar el despliegue de Infraestructura de Telecomunicaciones, este objetivo es un requisito fundamental para que aumente la demanda de banda ancha en el país. La red de fibra óptica permite alcanzar velocidades de conexión suficientemente altas, lo que genera una mejor calidad de velocidad de transferencia a los usuarios finales. Esto permite la capacidad de tener un sistema escalable a nivel nacional capaz de irse adaptando a las diferentes necesidades que surgen con el avance tecnológico de la era, por otro lado, las altas velocidades de transmisión ayudan a las empresas brindar mejores servicios y mantener alta calidad de comunicación con los abonados.

El estándar GPON es una de las características y recomendaciones de redes basadas en la tecnología PON (Passive Optical Network) que fueron base para el estudio y desarrollo de la misma, es una tecnología de acceso mediante la implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos (divisores ópticos o Splitters), es decir, que no requieren de alimentación externa para su funcionamiento al distribuir la información a través de la red.

Estas tecnologías traen ventajas tanto a los usuarios y distribuidores debido a que brinda mayor calidad de servicios y la integración de nuevos servicios dentro de una red. Por lo tanto, se diseñará una red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de voz y datos a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba para la accesibilidad al servicio de Internet de calidad de pobladores de la zona, bajo el grupo de investigación en electromagnetismo GIEM, que junto con la empresa RIOFIBER y la red CEDIA, desarrollaran el proyecto 'Diseño e implementación de una solución de conectividad híbrida inalámbrica a GPON para proveer el

servicio de internet de alta velocidad a localidades rurales de difícil acceso en la Provincia de Chimborazo, dentro del financiamiento de fondos 1 a 1 auspiciado por CEDIA.

### **Formulación Del Problema**

¿Cómo diseñar una red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de voz y datos a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba?

¿Qué parámetros técnicos influyen en la calidad de servicio de la red de fibra óptica?

¿Qué parámetros técnicos se deben evaluar para determinar la factibilidad de una red de fibra óptica?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el diseño de la red?

¿El diseño de la red de fibra óptica con tecnología

### **Justificación**

#### **Justificación Teórica**

Las altas demandas del uso de internet y el gran ancho de banda necesario para satisfacer las necesidades de los usuarios, hacen que el diseño de la red de internet por fibra óptica se vea justificado, ya que, a partir de la dotación de este servicio se logra una considerable mejora en el servicio dado a los habitantes de esta parroquia, en especial las personas que optan por el teletrabajo, estudiantes que necesitan grandes velocidades y capacidad del internet para realizar diversas actividades como video llamadas, videos en tiempo real, entre otros.

En la actualidad se observa la era tecnológica de las telecomunicaciones, y debido a la alta demanda de la población para la utilización de aplicaciones y transmisiones de datos a grandes velocidades desde y hacia el Internet, incentiva al mercado de las telecomunicaciones y en gran parte a los ISP (Proveedores De Servicios de Internet) a cumplir con las expectativas de sus clientes, con la implementación de nuevas soluciones tecnológicas para la interconectividad e inclusión de nuevos servicios ofertados.

De acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), en Ecuador el servicio de Internet fijo inalámbrico ha ido evolucionando, siendo así que para el cuarto trimestre del año 2017 el 56,96% de cuentas se proporcionan a través de cobre, el 19,58% a través de cable coaxial, el 14,74% a través de fibra óptica y el 8,74% se proporciona por medios inalámbricos (Arcotel, 2017, p.15).

La mayoría de las ciudades en el Ecuador: Quito, Guayaquil Y Cuenca poseen una red FTTH para brindar el servicio de internet de ultra alta velocidad a los clientes. Por otra parte, la parroquia Quimiag no posee una red con nueva tecnología y cabe señalar que la población de esta ha

incrementado. Por tal motivo, se pretende diseñar una red de tipo fibra óptica con tecnología GPON que permita proveer el servicio de internet a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba.

### **Justificación aplicativa**

De acuerdo con los antecedentes se presenta la propuesta tecnológica del Diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON para brindar el servicio de internet al usuario final, por consiguiente, se brinda soluciones a todos los requerimientos e inconvenientes que ha venido los clientes en los últimos tiempos.

Con el diseño que se va a realizar, se pretende brindar el servicio a través del uso de una topología de red que se base en los estándares de la tecnología GPON, además analiza el tipo de fibra óptica a utilizar y se adapta al diseño de la red de acuerdo a los requerimientos. Para el diseño y evaluación se validará por un *software* que nos permite valorar los parámetros técnicos, por ejemplo, el canal de acceso para el usuario más cercano y el más lejano. Además, nos permite el análisis del error de bit media (BER, con las siglas en inglés, Bit Error Rate), a través del diagrama de ojo para la verificación de la eficiencia del enlace y saber si el diseño de red propuesto es viable y factible.

A partir del convenio existente entre el grupo de investigación en electromagnetismo GIEM, que junto con la empresa RIOFIBER y la red CEDIA, quienes son los encargados de desarrollar el proyecto 'Diseño e implementación de una solución de conectividad Híbrida inalámbrica a GPON para proveer el servicio de internet de alta velocidad a localidades rurales de difícil acceso en la Provincia de Chimborazo', hace que el diseño sea viable y que pueda ser implementada en un futuro.

### **objetivos**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de internet a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros técnicos básicos para la implementación de Tecnología de redes GPON en la parroquia de Quimiag.

- Realizar un estudio de los parámetros técnicos requeridos en una red con tecnología GPON para proveer el servicio de Internet a la parroquia de Quimiag y determinar qué tipo de red GPON es utilizable.
- Proponer el diseño técnico y económico de la red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de internet a la parroquia de Quimiag.

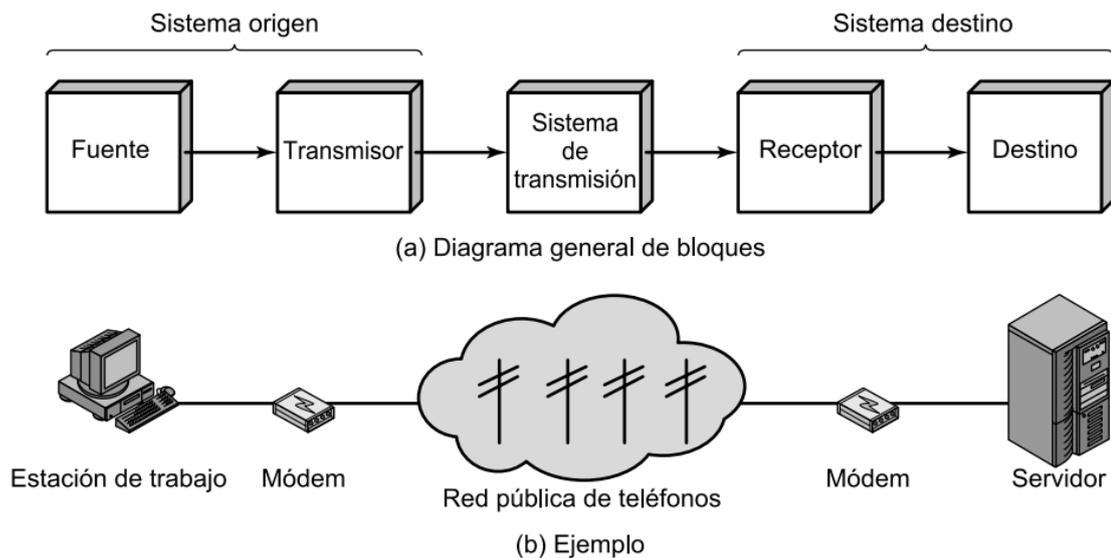
# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1.Introducción a los sistemas de comunicación ópticos

Los sistemas de comunicaciones hacen referencia a la transmisión y recepción de señales las cuales se propagan a través de un medio específico (cobre, óptico, microondas o cualquier otro medio electromagnético), tiene la capacidad de transportar, signos, sonidos imágenes o cualquier dato digital a cierta distancia. Forma parte del estudio del área de las telecomunicaciones, cuya disciplina es disolver cualquier inconveniente que, se presente durante la transmisión de información por un canal.

Los sistemas de comunicaciones contienen un conjunto de componentes que, permiten el paso de la información, cada uno de estos cumplen con una función importante, en la Figura 1-1 se muestra el esquema de conexión de los componentes mencionados:



**Figura 1-1:** Modelo de componentes en un sistema de comunicaciones

Fuente: (Stallings, 2004, p. 11)

El modelo mostrado es un ejemplo básico de una conexión telefónica, sin embargo, es importante resaltar que, no existe diferencia fundamental en la transmisión de servicios. Es decir, sea cual sea la información para transmitir, los componentes para la comunicación siempre serán los

mismos. En base a este criterio Stallings (2008) define a estos componentes con los conceptos mostrados en la Tabla 1-1:

**Tabla 1-1:** Conceptos de componentes en un sistema de comunicación

<b>Componente</b>	<b>Criterio</b>
<b>La fuente</b>	Este dispositivo genera los datos a transmitir. Ejemplos de fuentes pueden ser un teléfono o un computador personal.
<b>El transmisor</b>	Normalmente los datos generados por la fuente no se transmiten directamente tal y como son generados. Al contrario, el transmisor transforma y codifica la información, generando señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión. Por ejemplo, un módem convierte las cadenas de bits generadas por un computador personal y las transforma en señales analógicas que pueden ser transmitidas a través de la red de telefonía.
<b>El sistema de transmisión</b>	Puede ser desde una sencilla línea de transmisión hasta una compleja red que conecte a la fuente con el destino.
<b>El receptor</b>	. El receptor acepta la señal proveniente del sistema de transmisión y la transforma de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo de destino. Por ejemplo, un módem captará la señal analógica de la red o línea de transmisión y la convertirá en una cadena de bits.
<b>El destino</b>	Toma los datos del receptor.

**Fuente:** (Stallings, 2004, p. 11)

Cabe señalar que, a pesar de ser un modelo sencillo en el diagrama, un sistema de comunicaciones está conformado por una serie de técnicas para la codificación desde el origen y decodificación del mensaje en su destino. Dicho de otro modo, cada elemento realiza tareas específicas durante la comunicación. Por otra parte, más allá de las diversas técnicas utilizadas se debe resaltar la velocidad de transmisión como uno de los factores más importantes a evaluar durante el envío y recepción de los datos.

Dicha comunicación es posible en diferentes medios y según el criterio o necesidad de la misma, esta puede requerir de un soporte material físico, como un cable para transmitir la señal en forma de pulsos eléctricos, o puede también ser transmitida mediante ondas electromagnéticas, propagándose por el espacio, que es conocido como el espectro radioeléctrico, estos medios de transmisión son clasificados en dos tipos y son:

- **Natural:** Atmosfera, tierra, agua, espacio.
- **Artificial:** Cables, guía de onda, fibra óptica.

Sin embargo, la diferencia de estos medios de transmisión no solo se basa en la diferencia de su estructura sino además en la velocidad de transmisión que poseen, el cual es uno de los factores más importantes a considerar debido a la demanda de la tecnología a transmitir, así como también la aparición de nuevas tecnologías en las últimas décadas, por ejemplo, el servicio de telefonía Ip, servicio de *videostreaming*, videollamadas, entre otras. Por tal razón es que, en la actualidad, el medio de transmisión capaz de soportar un mayor tráfico de datos en servicio de internet es la fibra óptica, la cual posee diversas ventajas sobre el cable coaxial comúnmente utilizado, como se muestra en la Tabla 2-1:

**Tabla 2-1:** Diferencia entre Cable coaxial y fibra óptica

Características	Fibra Óptica	Coaxial
Longitud de la Bobina (mts)	4000	230
Peso (kgs/km)	380	7900
Diámetro cable(mm)	14	58
Radio de Curvatura (cms)	14	55
Distancia entre repetidores (Kms)	180	1.5
Atenuación (dB/km) para un Sistema de 10 Gbps	0.4- 0.21	40

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

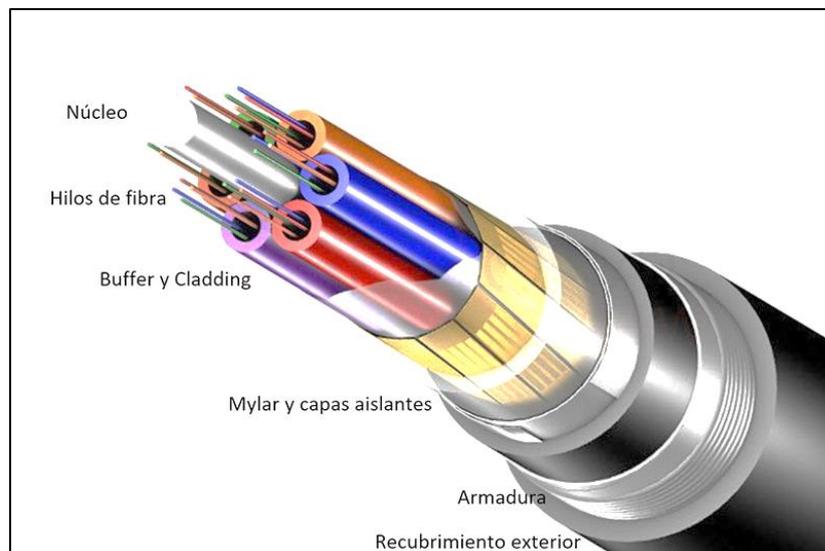
Esta comparativa pone en manifiesto las ventajas que posee la fibra óptica sobre el cable coaxial en el momento de transmitir información por el medio, la cual permite obtener conexiones en alta velocidad, mayor ancho de banda, disminución de interferencias, aspectos que han admitido la mejora en calidad de video y sonido, hechos imprescindibles en el momento de la comunicación de alta demanda requerido por los usuarios finales. Por otra parte, una ventaja muy importante que posee también la FO es la seguridad, debido a que, en este medio es más sencillo detectar las intrusiones durante la comunicación.

La comunicación y gestión de la información son dos de los requerimientos importantes para el desarrollo y progreso de cualquier entidad, por lo tanto, un medio de transmisión que tenga la capacidad de enviar y recibir datos a altas velocidades es relevante en un sistema de telecomunicaciones moderno. La fibra óptica con la reflexión de ases de luz permite que el transporte de datos sea el óptimo en la actualidad (Revelo, 2019, p. 13).

La Fibra Óptica (FO), es utilizada en velocidades de transmisiones altas y de acuerdo con el concepto de ECURED (2021a) la define como: Un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda

completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un led. Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable (ECURED, 2021a, p.1).

El uso de esta es más común en redes locales, las cuales permiten aprovechar la alta velocidad de transmisión y, además, es considerado como el medio de transmisión más eficiente, gracias a que, la estructura y composición no se ve afectada por las interferencias electromagnéticas, a diferencia del habitual cable de cobre, mismo que, posee una alta latencia durante el envío y recepción de información. Sin embargo, la mayor desventaja que quizá posea la FO es la delicadeza de su material, debido a que, por sus componentes es muy propensa a romperse con facilidad, en la Figura 2-1 se evidencia los componentes de la fibra óptica:



**Figura 2-1:** Componentes de la fibra óptica

**Fuente:** (Profesional Review, 2019, p.1)

Como se evidencia la Fibra Óptica es un medio de transmisión complejo en arquitectura, debido a que, posee varios componentes, mismo que permiten la comunicación a través de este medio, entre estos componentes se tiene:

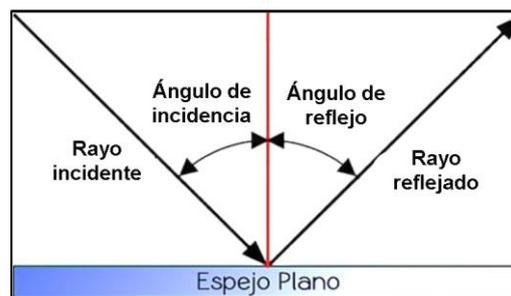
- **Núcleo:** La parte central en el cable de FO, su objetivo es reforzar el cable a fin de disminuir cualquier riesgo de rotura o deformación de la FO.
- **Drenaje de humedad:** Es un elemento que no está contenido siempre, pero cumple con la conducción de la humedad que tenga el cable para expulsarlo de su interior.

- **Hilos de fibra:** Es el elemento más importante dentro del cable al ser el encargado de conducir los haces de luz que contiene los datos, su composición se basa en cristal de silicio o plástico siempre y cuando sea de alta calidad.
- **Buffer y Cladding:** Es la parte que recubre a los hilos de la fibra, está constituido por un relleno de gel oscuro el cual evita la salida de los haces de luz por fuera de los hilos de fibra.
- **Cinta de Mylar:** Es el recubrimiento aislante constituido por un material dieléctrico (no conductor), el cual encierra todos los buffers de fibra.
- **Recubrimiento ignífugo:** Es utilizado para que el cable soporte altas temperaturas y sea resistente al fuego.
- **Armadura:** Es la capa formada por hilos de Kevlar un material liviano y resistente, para darle una mayor protección al cable.
- **Recubrimiento exterior:** Este material está constituido generalmente por plástico o PVC.

Por otra parte, al ser una señal de tipo luminosa, su modo de transmisión no está centrado en el paso de electrones por el material conductor, sino los fenómenos que, se utilizan en este medio de comunicación son la reflexión y refracción de la luz. Estos fenómenos permiten obtener una transmisión de información en altas velocidades a grandes distancias y con interferencias casi imperceptibles para el usuario final; estos fenómenos son:

**Reflexión:** Se produce cuando éste incide sobre una superficie de separación de dos medios y se produce el cambio de dirección de la onda que la lleva a tomar una dirección con un ángulo igual al de incidencia. Por ejemplo, si el haz luminoso incide en un ángulo de 90 grados sobre una superficie, este rebotará en dirección contraria, esto es lo que pasa cuando nos colocamos frente a un espejo. Si en otro caso el haz de luz incide sobre una superficie con 30 grados, el haz saldrá rebotado con esos mismo 30 grados (Profesional Review, 2019, p.1).

El ejemplo de reflexión se evidencia en la Figura 3-1 a continuación:

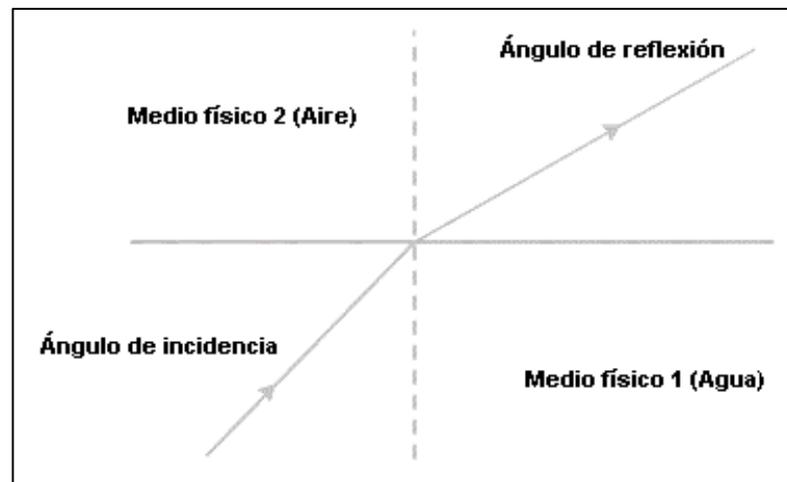


**Figura 3-1.** Índice de reflexión

**Fuente:** (Profesional Review, 2019, p.1)

**Refracción:** Es cuando se produce un cambio de dirección y velocidad en una onda al pasar de un medio a otro. Por ejemplo, es lo que vemos cuando la luz pasa del aire al agua, veremos la misma imagen, pero en un ángulo diferente (Profesional Review, 2019, p.1).

Gracias al fenómeno de reflexión y refracción la luz es transmitida a través de la FO, el ejemplo de refracción se aprecia en la Figura 4-1:



**Figura 4-1:** Refracción de la luz

Fuente: (Profesional Review, 2019, p.1)

## 1.2. Tipos de fibra óptica

El tipo de fibra óptica está caracterizado por las diferentes trayectorias que sigue el haz en el interior de los hilos de comunicación, estas trayectorias son conocidas como modos de propagación, depende de estos para diferenciar los tipos de propagación y de fibra, los cuales son:

**Monomodo:** Sus ventajas principales son, un ancho de banda prácticamente ilimitado y un bajo nivel de atenuación, por lo cual se usan habitualmente en escenarios de largas distancias (entornos WAN). Las fibras monomodo son fibras ópticas en las que sólo se propaga un modo de luz, esto se logra reduciendo el diámetro del núcleo hasta un tamaño de 8,3 a 10 micrones que sólo permite un modo de propagación. La transmisión es paralela al eje de la fibra (OpenUp, 2017, p. 1).

La fibra monomodo (SMF por sus siglas en inglés Single Mode Fiber), pueden alcanzar un mayor ancho de banda que las fibras multimodo, sin embargo, el costo de su equipo es elevado. La SMF puede tener velocidades de transmisión 50 veces más rápida, a pesar de poseer un núcleo más pequeño, al tener una onda que permite prácticamente eliminar la distorsión, disminuye así la atenuación en la señal, su longitud de onda varía entre los 1300 nm hasta los 1320 nm, y en los

últimos años ha podido llegar a una velocidad de hasta 40 Gbps, para un mejor entendimiento se aprecia la Figura 5-1:



**Figura 5-1:** Fibra monomodo

**Fuente:** (Solutions FTTX, 2017, p.1)

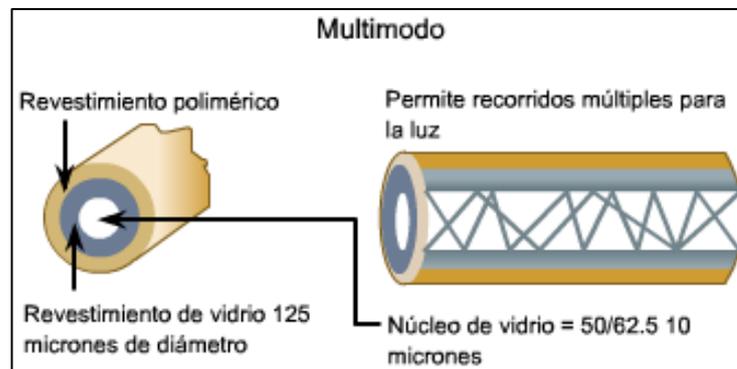
De acuerdo con el criterio de Castro (2019) existe tres tipos de fibra monomodo y son:

- 1. Fibra monomodo estándar:** Conocida por sus siglas en inglés (Standar SingleMode Fiber, SMF). Este tipo de fibra Monomodo tiene como características más destacadas, una atenuación de unos 0,2 dB/km (Castro, 2019, p. 14).
- 2. Fibra de dispersión desplazada:** Las fibras de dispersión desplazada (Dispersión Shifted Fiber, DSF) son fabricadas de tal manera que logran tener una dispersión cromática nula en la tercera ventana. Debido a que su atenuación aumenta ligeramente (unos 0.25 dB/km); y su principal inconveniente se debe a los efectos no lineales como el fenómeno de mezclado de cuarta onda FWM, que imposibilitan la utilización de esta fibra óptica en sistemas WDM (Castro, 2019, p. 15).
- 3. Fibra de dispersión desplazada diferente de cero:** Las fibras de dispersión desplazada diferente de cero (Non Zero Dispersion Shifted Fiber, NZDSF), fueron creadas para resolver los inconvenientes de la fibra anterior. Tienen un valor de dispersión próximo a cero, pero, no nulo, para lograr contrarrestar los efectos de los fenómenos no lineales mediante la dispersión cromática (Castro, 2019, p. 15).

**Multimodo:** La fibra multimodo brinda banda ancha alta con velocidades altas (de 10 a 100 MB) (en Gigabit se alcanzan distancias de 275 m a 2 km) sobre distancias medianas. Las ondas de luz

son dispersadas en varios caminos, o modos, mientras viajan a través del núcleo del cable típicamente 850 o 1.300 nm. El diámetro de un núcleo multimodo típico puede estar entre 50, 62.5, y 100 micrómetros. Aunque, en cableados largos (más de 914.4 metros) múltiples caminos de luz pueden causar distorsión en el lado receptor, resultando una transmisión de datos incompleta, por lo que los diseñadores tienden a utilizar fibra monomodo en nuevas aplicaciones que utilicen Gigabit o más (Armenta, 2020, p.19).

Este tipo de fibra posee un diámetro más grande que la fibra monomodo, su rango varía entre 50 y 100 micrones, los haz de luz entran a la FO en diferentes ángulos, es así que, en tendidos extensos se podría generar impulsos poco claros para el otro extremo, este fenómeno se da debido a la necesidad de diferentes ángulos de reflexión en varios periodos de tiempo, a este efecto se lo conoce como dispersión modal, la cual limita la longitud en los segmentos de la conexión, la estructura de este tipo de fibra se aprecia en la Figura 6-1 mostrada a continuación:



**Figura 6-1:** Fibra multimodo

Fuente: (CIDECAE, 202, p. 1)

Según el tipo de dispersión, Castro (2019) divide a los tipos de fibra multimodo en dos tipos:

**Fibra óptica de índice en escalón o de salto de índice:** En este tipo de fibras el índice de refracción del núcleo y del revestimiento son uniformes, siendo el índice de refracción del núcleo sensiblemente mayor, por lo que el cambio de índice de refracción al pasar de una zona a otra cambia bruscamente, de ahí su nombre (Castro, 2019, p. 16).

**Fibra óptica de índice gradual:** En este tipo de fibras el índice del núcleo varía gradualmente desde el centro del núcleo hasta el revestimiento. Con este tipo de fibras se reduce la dispersión modal, ya que con ellas se consigue reducir la diferencia de caminos que recorren los distintos modos que se propagan por la fibra (Castro, 2019, p. 16).

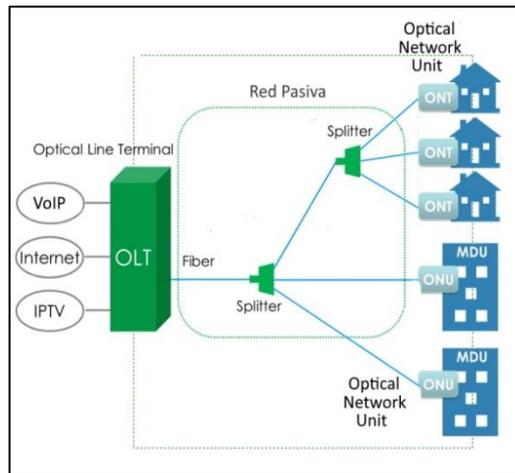
Este tipo de tecnología es usado para la transmisión del servicio de internet, mediante un sistema de banda ancha de gran velocidad, lo que hace referencia a una rápida conexión de internet, para una mejor calidad de servicios. Por otra parte, este medio de transmisión está distribuido por todas las regiones del país, y es el más rápido hasta la actualidad, sin embargo, para su expansión hace falta un despliegue de la red como tal, a lo que se conoce como redes Ópticas Pasivas (PON) concepto que se detalla a continuación.

### **1.3. Estudio de las Redes Ópticas Pasivas (PON)**

El crecimiento tecnológico, por el cual atraviesa el mundo entero, evidencia la necesidad de mejorar la capacidad de procesamiento de los dispositivos, así como su velocidad de transmisión, esto también se debe a la gran acogida de la tecnología del internet como medio de comunicación, entretenimiento, educativo, económico, político y social. Debido a la demanda de productos ofertados por este medio, es necesario el diseño de una red que sea capaz de transmitir información a grandes velocidades a fin de evitar cualquier latencia en servicios de alta demanda o de tiempo real como es el caso de la voz y video.

Una red PON (Passive Optical Network o Redes Pasivas ópticas), es una red permite contar con un mayor ancho de banda y mejores servicios al contar con accesos por medio de Fibra Óptica. Además, estas redes permiten reemplazar los elementos activos en una red por elementos pasivos, lo que permite que los costos de la red se reduzcan en un gran porcentaje. En definición es una red habilitada de punto- multipunto que lleva la conexión de red de fibra óptica hasta el hogar del usuario mejor conocida como FTTH (Castro & Ruíz, 2016, p. 3).

Las PON son la base de las nuevas redes de comunicación, debido a su buen funcionamiento y por su similitud de implementación a las redes de cable comúnmente utilizadas. Esta conexión está contenida por varios nodos ópticos, enlazados a su central mediante cable de fibra óptica, la cual se interconecta con sus dispositivos mediante acopladores o divisores, la arquitectura de la esta red se evidencia en la Figura 7-1:



**Figura 7-1.** Red PON

Fuente: (4Itm, 2021, p.1)

Las redes PON son redes de fibra óptica cuyos componentes de la red de distribución son completamente pasivos, la principal característica de esta red es que tiene una gran variedad de servicios como tráfico de video, voz y datos mediante accesos de fibra óptica. Además, posee la función de compartir una sola fibra entre distintos usuarios. Mediante este tipo de sistemas es posible eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, cambiándolos por elementos ópticos pasivos para guiar el tráfico por la red, cuyo componente principal es el dispositivo divisor óptico (splitter) (Vásquez, 2020, p. 4).

La arquitectura de PON, es una adecuada alternativa para transmitir datos mediante un canal con gran ancho de banda, con gran tecnología utilizada en las redes de nueva generación. Además, posee una infraestructura convergente de múltiple acceso tolerante a fallas para reducir el costo operacional del circuito. Por otra parte, permite mantener una topología multipunto de fibra óptica, esto brinda un canal de comunicación dedicado a consumidores masivos, ya sean empresariales o para el hogar, este tipo de red está conformada por ciertos elementos, mismo que son definidos en la Tabla 3-1:

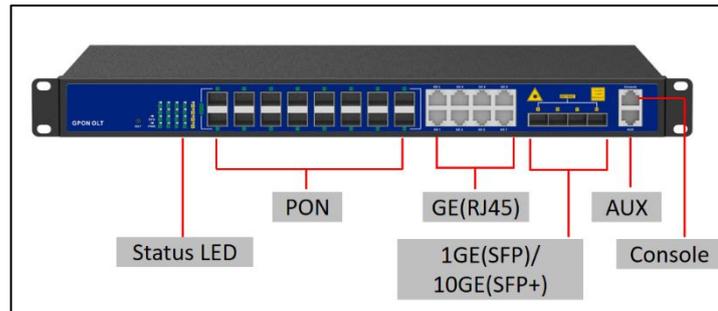
**Tabla 3-1:** Componentes de una red PON

Componente	Concepto
OLT	Es el elemento activo que se encuentra en la central del proveedor. Desde este equipo parte el cable principal de fibra óptica hacia los usuarios y es el mismo que se encarga de gestionar el tráfico hacia o desde los usuarios, esto quiere decir, que realiza las funciones de router para ofrecer todos los servicios. Además, cada OLT recepta datos de fuentes diferentes de información, comportándose como un concentrador de todas ellas.

<b>ONT</b>	Los elementos ONT son encargados de recibir y filtrar la información destinada a un determinado usuario desde una OLT. Además, de recibir la información y distribuir a los usuarios en un formato adecuado, cumple con la función de encapsular la información proveniente de los usuarios y la envía con destino la OLT.
<b>SPLITTER</b>	Es un elemento pasivo situado a lo largo del tramo que se extiende entre una OLT y sus respectivos ONT a los cuales está conectado. Las funciones básicas que tiene son multiplexar y demultiplexar las señales recibidas. Además, son dispositivos de distribución óptica bidireccional, esto quiere decir que también son capaces de combinar potencia

**Fuente:** (Vásquez, 2020, p. 5)

La señal parte desde el terminal de línea óptica (OLT), es el inicio de la red, está conectada al centro de conmutación por dispositivos ethernet. Su función es “convertir, entramar y transmitir señales para la red PON y coordinar la multiplexación del terminal de red óptica (ONT) para la transmisión ascendente compartida (Viavi Solutions, 2021, p.1). En la Figura 8-1 se evidencia la arquitectura de la OLT.



**Figura 8-1:** Arquitectura equipo OLT

**Fuente:** (Fthtpe, 2021, p. 1)

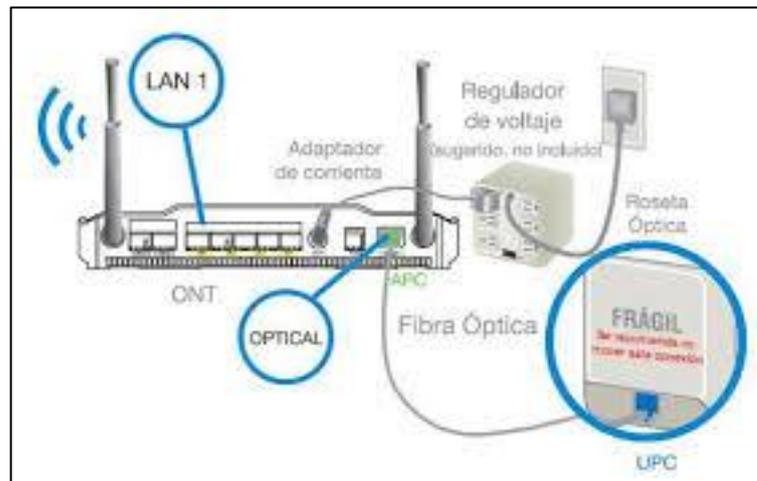
Según los componentes estudiados, solo se utiliza la alimentación eléctrica cuando es usada en los dispositivos finales. Por lo que, se conoce como una red pasiva, en el caso de los splitters solo dividen las longitudes de onda en forma descendente, lo cual implica una pérdida de potencia que está relacionada con el número de divisiones de señal. Estos dispositivos, no necesitan ningún tipo de adecuación ni mantenimiento permanente y su vida útil es muy prolongada siempre y cuando no existan factores externos que produzcan algún daño, la arquitectura del splitter se evidencia en la Figura 9-1 a continuación:



**Figura 9-1:** Arquitectura interna splitter

Fuente: (Optytech, 2021, p. 1)

Finalmente, la señal llega al equipo de la ONT ubicado en el lugar del usuario final, este equipo posee puertos Ethernet que permiten la conectividad a los equipos de red o hosts. Estos equipos también pueden contener una antena para la comunicación de la tecnología Wireless Fidelity (Wi-Fi), una de las más usadas en la actualidad para Smartphones, laptops, tablets, entre otros. En la Figura 10-1 se aprecia la arquitectura de dichos equipos:



**Figura 10-1:** Arquitectura ONT

Fuente: (Etb, 2021, p. 1)

A partir del año 2015 se encuentra disponible el estándar de red óptica PON de nueva generación etapa 2 (*next-generation passive optical network stage 2 - NG-PON2*), mismo que, ofrece una capacidad de 40 Gb/s hasta 80 Gb/s a través del empleo de cuatro y ocho longitudes de onda, respectivamente, y el uso de multiplexación por división de longitud de onda (*Wavelength Division Multiplexing WDM*) en combinación con la multiplexación por división de tiempo. Se trata entonces de una red híbrida del tipo TWDM PON (*Time and Wavelength Division Multiplexed Passive Optical Networks*) (Arguero, 2018, p. 11).

Las redes PON tuvieron su origen a inicios de los años 90 y han tenido mejoras con el pasar de los años, poco a poco se han dejado atrás las redes APON y BPON, debido a las nuevas demandas

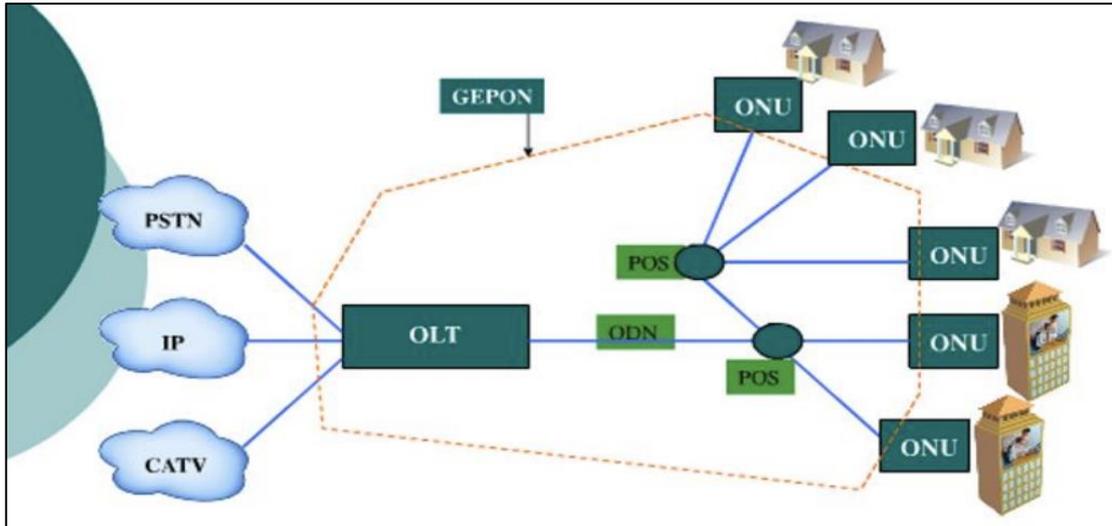
de servicios en el mercado. El uso de las redes PON está basada en la multiplexación por división de tiempo (*time division multiplexing* PON), está estandarizado mediante regulaciones como la IEEE (802.3ah) GE-PONS o ITU.T G.984 (GPON) es el más usado para el despliegue a nivel mundial, posee una velocidad de trasmisión de 1.25 Gbps de subida y 2,5 Gbps de bajada.

#### **1.4. Análisis de las redes GPON**

Años atrás una conexión por *Symmetric Digital Subscriber Line* ADSL podía llegar a ofrecer velocidades de conexión de hasta 20 Mbps en condiciones sumamente ideales y bajo condiciones muy específicas, en la actualidad, este tipo de conexión a quedado muy por debajo del promedio que se necesita para la conexión de nuevos servicios. Es por tal motivo que, esta tecnología ha sido migrada con excepción de algunos lugares, si se considera la densidad geográfica de ciertas poblaciones lo que, dificulta la implementación de una red con fibra óptica.

GPON es una red óptica punto-multipunto en la que no existe elementos activos entre la OLT y la ONT. Esta tecnología tiene un tráfico asimétrico de 622 Mbps y 1.25 Gbps; y un tráfico asimétrico descendente de 2.5 Gbps y tráfico asimétrico ascendente de 1.25 Gbps, el cual será usado en la presente tesis. Otras características de esta tecnología es que posee codificación de línea NRZ, encriptación AES y tener máximo de usuario de hasta 64 usuarios por puerto GPON (Arias, 2015, p. 25).

Este servicio fue diseñado dentro de las telecomunicaciones y combina las redes PON con las velocidades de Gigabit, posee un reducido costo de equipos, lo que permite a sus abonados tener interfaces ethernet. La trayectoria máxima de este servicio es de 32 usuarios con un ancho de banda seguro, y puede alcanzar una distancia de hasta 20 km entre equipos activos, y es la única tecnología capaz de brindar servicios triples play (audio, video y telefonía) a bajo costo, dicha estructura se evidencia en la Figura 11-1 a continuación:



**Figura 11-1:** Arquitectura red GPON

Fuente: (Coba, 2017, p. 12)

Esta tecnología trabaja a velocidades de Gigabit, la cual se divide para el número de usuarios, sin embargo, posee una gran ventaja sobre las redes EPON, debido a que, ya no necesitan elementos ATM y SDH, lo que permite a dicha tecnología brindar mejores velocidades de conexión como se evidencia en la Tabla 4-1 presentada a continuación:

**Tabla 4-1:** Características redes xPON

Parámetros	APON/BPON	EPON	GPON
Standard	ITU-T G.983.X	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.X
Tasa de descarga	622 Mbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps
Tasa de carga	155 Mbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps
Eficiencia	83% descarga 73% carga	98% descarga 97% carga	98% descarga 97% carga
Alcance Máximo	20 km	20 km	60Km
Usuarios máximos por ONU	32 usuarios	32 usuarios	64 usuarios

Fuente: (Arias, 2015, p. 26)

Una red Gpon está contenida por varios elementos, los cuales se listan a continuación:

- **OLT (Optical Line Terminal):** Equipo de distribución ubicado en la oficina central.
- **ONT (Optical Network Terminal):** Equipo de recepción de señal ubicado en el punto final del abonado.
- **Optical Distribution Network (ODN):** Comprende toda la infraestructura que conecta los elementos activos de la red, entre estos se tiene:

- **ODF (Optical Distribution Frame):** Conectores de cables de fibra óptica hacia la OLT.
- Cable de alimentación desde la central hasta los gabinetes troncales.
- Cierre de empalme son herméticos para ser expuestos a la intemperie, son los que permiten la conexión sobre el cable troncal con sus respectivas derivaciones.
- **FDH (Fiber Distribution Hub):** Donde se conectan todos los cables de fibra óptica, se lo conoce como concentrador de fibra óptica.
- **Splitter óptico:** Usado para la distribución de la red, siempre es recomendable que sean de alta calidad y de baja pérdida y resistentes ante pérdidas.
- **Cable de Distribución:** Es la unión entre el gabinete troncal y el empalme de la caja NAP.
- **NAP (Network Access Point):** Es el punto de conexión entre la planta externa y el punto del abonado.
- **Cable DROP:** Es usado para tres conexiones en la NAP, en el cable DROP y la conexión con la ONT.

El estándar para la red GPON fue diseñado con una parte de la trama subdividida, la cual se dedica de lleno al tráfico *multicast*, de esta forma, los usuarios finales tienen un buen servicio de navegación sin cuellos de botella en la red. Acorde a lo mencionado, esta tecnología está definida por la serie G894.X de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y fueron aprobados en el año 2004 y sus estándares se presentan en la Tabla 5-1 presentada a continuación:

**Tabla 5-1:** Especificaciones de la normativa G894.X

Recomendación	Descripción
<p style="text-align: center;"><b>G.984.1</b></p>	<p>Describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidad de línea nominal de 2,4 Gbit/s en sentido descendente y de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON, gigabit-capable passive optical network) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Además, se proponen las características generales de los sistemas GPON basándose en las necesidades de servicio de los operadores.</p>
<p style="text-align: center;"><b>G.984.2</b></p>	<p>Describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de anchura de banda de los servicios para empresas y particulares, y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1 244,160 Mbit/s y 2 488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1 244,160 Mbit/s y 2 488,320 Mbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas GPON se describen en la Recomendación UIT-T G.984.3.</p>

<b>G.984.3</b>	Describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, una familia de redes de acceso flexible capaces de proporcionar una gama de servicios de banda ancha y de banda estrecha a velocidades de 2,48832 Gbit/s en sentido descendente y de 1,24416 o 2,48832 Gbit/s en sentido ascendente. En esta Recomendación se especifica lo siguiente: generación de tramas de capa de convergencia de transmisión PON con capacidad de gigabits; mecanismo de acceso múltiple por división en el tiempo en sentido ascendente; canal de mensajería de operación, administración y mantenimiento (OAM) de capa física; principios y mecanismo de señalización de la asignación de ancho de banda dinámica ascendente; método de activación de la unidad de red óptica (ONU); corrección de errores en recepción; seguridad. Esta Recomendación forma parte integrante de la serie de Recomendaciones UIT-T G.984 que, reunidas, especifican un conjunto único coherente de sistemas de transmisión de acceso.
<b>G.984.4</b>	Especifica la interfaz de control y gestión (OMCI) de la terminación de red óptica (ONT) para los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), como se define en las Recomendaciones UIT-T G.984.2 y G.984.3. En primer lugar, se especifican las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) independiente del protocolo que determina el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). Además, se describen el canal, el protocolo y los mensajes detallados de gestión y control de la ONT. En esta versión revisada se incorporan las Enmiendas 1 (2005), 2 (2006) y 3 (2006). Además de una mera edición, en esta revisión se han querido eliminar todas las referencias a las capacidades de transporte ATM opcionales de G-PON, pues los sistemas modernos no las soportan.
<b>G.984.5</b>	Define las gamas de longitud de onda reservadas para las señales de servicio adicionales que se superpondrán con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en las futuras redes ópticas pasivas (PON) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN).
<b>G.984.6 Y G.984.7</b>	Se presentan la arquitectura y los parámetros de interfaz de los sistemas GPON con alcance ampliado gracias a un dispositivo de ampliación de alcance de capa física, como un regenerador o un amplificador óptico en el enlace de fibra entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). El alcance máximo se sitúa en 60 km con presupuestos de pérdida superiores a 27,5 dB en los dos sentidos

**Fuente:** (ITU, 2021, p.1)

El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (GPON *Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes (Millán, 2007, p.1).

En esta red la longitud de onda asignada para la comunicación es de 1490 nm en bajada y de 1310 nm en subida. Además, se puede asignar una tercera de 1550 nm gracias al sistema WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), esta permanece dedicada al broadcast de video en señal radio frecuencia (RF), lo que permite ofrecer dos tipos de video en RF y por IPTV. Para el primer caso se utiliza una conexión coaxial en la salida de las ONT hacia el STB comúnmente usado.

Por otra parte, GPON utiliza OAM (*Operation Administration and Maintenance*), el cual permite mantener una amplia gestión en el servicio extremo-extremo con características muy importantes como la monitorización ante errores, alarmas sobre fallos y eventos, así como también el rango automático. Además, las redes GPON son usadas para las conexiones FTTx las cuales se detallan a continuación.

El concepto de GPON inicia con FTTx conocido como (*Fibre to the x*), donde x puede denotar distintos destinos. Los más importantes son: FTTH (casa), FTTB (edificio), y FTTN (nodo). La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del costo unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador (Millán, 2007, p. 1).

### **1.5. Contextualización de las tecnologías FTTx y sus servicios**

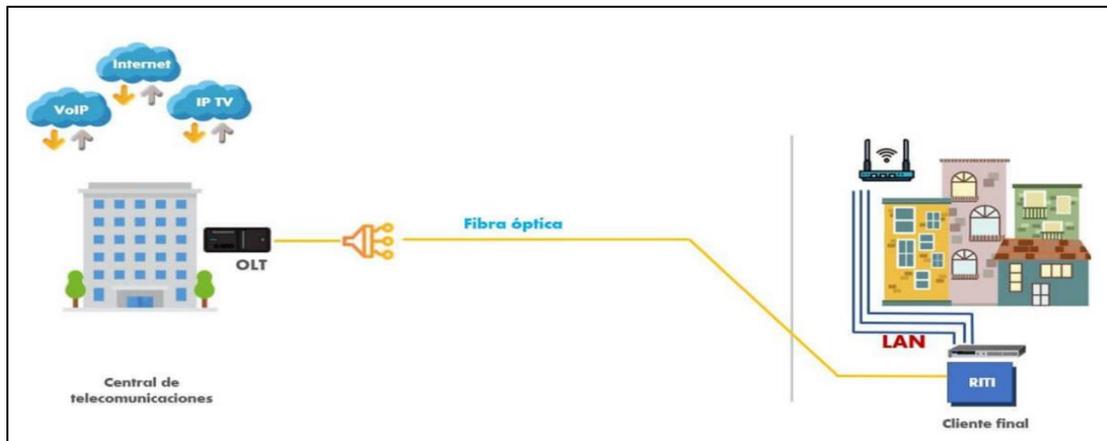
En el territorio ecuatoriano se observa un incremento gradual en las telecomunicaciones, en ello se evidencia la necesidad de mejorar los servicios de TIC para la población, así como los canales de comunicación. En consecuencia, mediante proyectos a largo plazo, el país hasta el año 2015 poseía aproximadamente unos 60 000 Km de tendido de fibra óptica, y con una perspectiva de incremento anual de 30% a fin de poseer un mejor sistema de comunicación nacional.

El despliegue de una red GPON, posee diversos escenarios en su topología denominado fibra hasta la x por sus siglas en inglés (FTTx), donde x equivale el punto final de la fibra, la más común utilizada es FTTH (fibra hasta la casa). En este contexto FTTx/GPON es la alternativa más económica, y consiste en redes con transmisión de datos 100% en fibra, es capaz de ofrecer velocidades de multi-gigabit, a bajos costos para que, pueda estar al alcance de la población promedio, esto admite obtener un servicio virtualmente ilimitado en recursos y con un gran potencial tecnológico.

El término FTTx (Fiber to the x) se emplea de forma genérica para designar a la tecnología que emplea fibra para comunicar a los usuarios de un acceso de red (normalmente acceso a Internet) con la red de una operadora de telecomunicaciones (o proveedor de servicios de acceso a redes), en algún tramo (Syscom, 2021, p. 1). Entre las principales topologías dentro de las redes FTTx, se tiene:

**FTTB (*Fiber to the Building*):** La conexión de fibra óptica hasta el edificio hace referencia a la conexión por fibra que llega hasta un lugar dentro del edificio, por ejemplo, el RITI (caja de distribución principal de un edificio). Desde ese punto la conexión hasta el usuario reutiliza la infraestructura existente, bien redes LAN basadas en Ethernet, distribuciones basadas en cable telefónico o coaxial. Es común su uso en grandes urbanizaciones residenciales privadas, edificios empresariales, hospitales, complejos hoteleros, centros deportivos, etc (Sisutelco, 2020, p. 1).

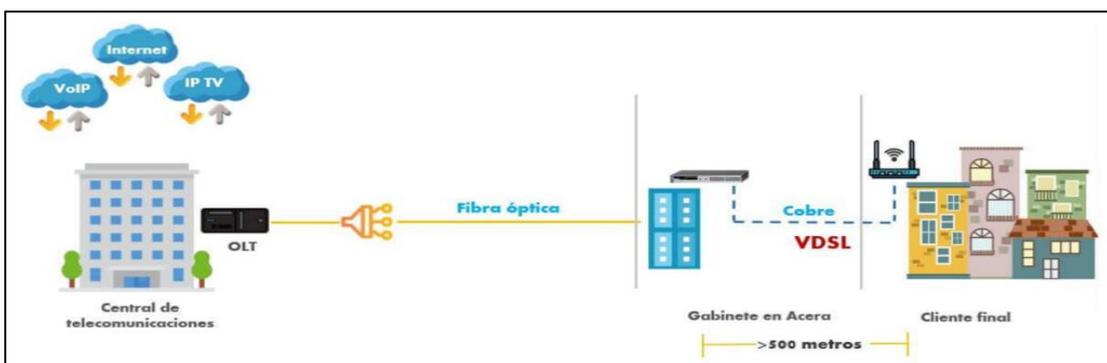
La arquitectura de la red FTTB, se muestra en la Figura 12-1:



**Figura 12-1:** Arquitectura red FTTB/GPON

Fuente: (Sisutelco, 2020, p. 1)

**FTTC (*Fiber to the Cabinet*):** Hace referencia al empleo de fibra desde la central de la red del operador hasta un nodo intermedio, no se refiere a una acera de concreto. Es el poste o armario que alberga el dispositivo de comunicaciones montado como un pedestal o una central pequeña que da servicio a varias manzanas, el resto del trayecto habitualmente se emplea el par de cobre de telefonía (para ofrecer accesos ADSL, VDSL, etc.) o cable coaxial. Sin embargo, el ancho de banda se pierde durante esta entrega, se pueden atender a varios clientes dentro de 1,000 pies (Sisutelco, 2020, p. 1). En la Figura 13-1 se evidencia, la arquitectura de la red FTTC/GPON:

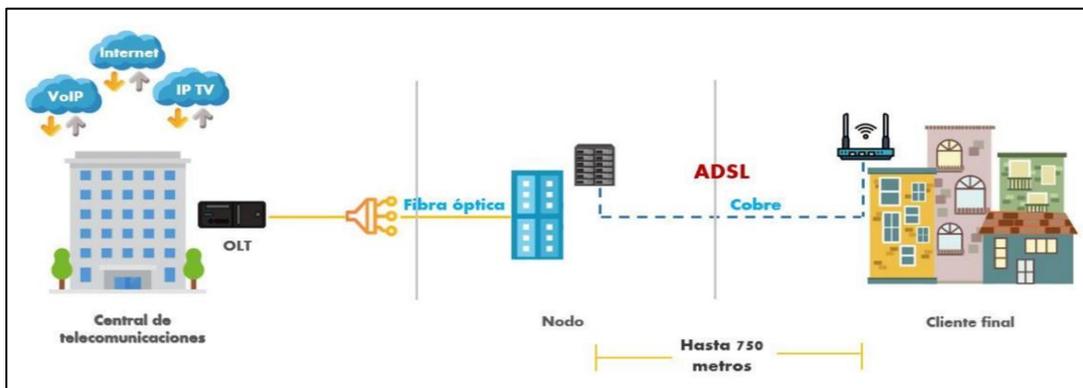


**Figura 13-1:** Arquitectura red FTTC/GPON

Fuente: (Sisutelco, 2020, p. 1)

**FTTN (*Fiber to the Node*):** Este término hace referencia al empleo de fibra desde la central principal de la red del operador hasta un nodo intermedio, es decir, una central secundaria del operador. Se puede considerar una central principal la que concentra la conectividad de una región, y las centrales secundarias las desplegadas en pueblos pequeños. Si la ciudad es grande, pueden existir varias centrales principales, y luego varias centrales secundarias por barrios. Se emplea para atender a unos cientos de clientes, deben estar dentro de un radio de una milla. La distancia restante a la casa, a menudo conocida como la «última milla», puede usar DSL a través de las líneas telefónicas existentes. La proximidad del cliente al nodo y los protocolos de entrega determinan las tasas de datos (Sisutelco, 2020, p. 1).

En la Figura 14-1 se evidencia la arquitectura FTTN/GPON:



**Figura 14-1:** Arquitectura red FTTN/GPON

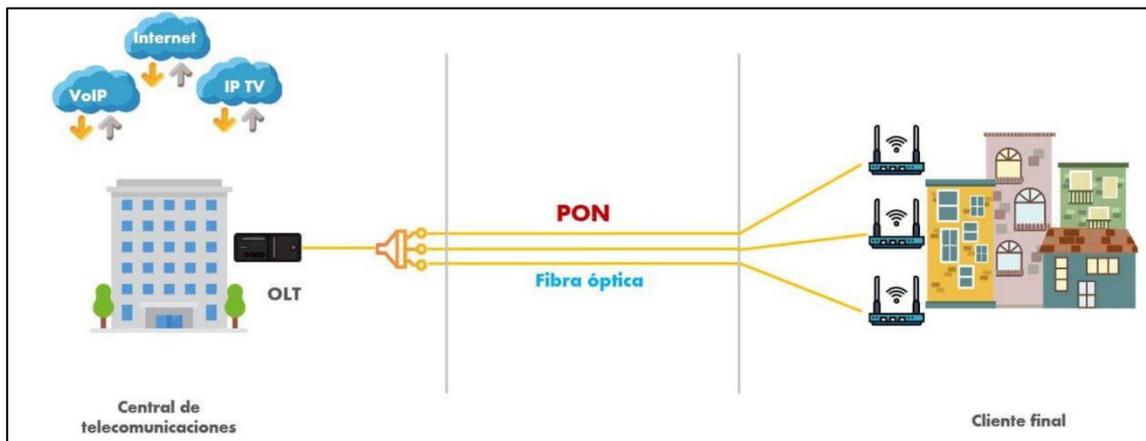
Fuente: (Sisutelco, 2020, p. 1)

**FTTH (*Fiber to the Home*):** Una red de arquitectura FTTH con tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit por su traducción en español) permite soluciones con mayor eficacia en transporte de información, mayor ancho de banda, tecnologías en servicios de internet, voz, televisión IP entre otras. Comparado con las redes de cobre, la fibra óptica ofrece mayor seguridad de la información, mayor estabilidad, resistencia a las interferencias electromagnéticas, menor degradación de la señal, permitiéndole trabajar con altos niveles de tráfico de datos, contenidos multimedia y otros, de manera confiable y rápida, a través de una red certificada bajo normas y estándares establecidos (Quisnancela & Espinosa, 2016, p. 17).

Se trata del tipo de redes más extendidas en el mercado residencial, de forma que dejan en la vivienda una caja terminal óptica y un equipo que hace de ONT. Se mueve entre la caja de interruptores de línea de la propiedad y las cajas de conexiones de los residentes. Debido a que la

conexión va directamente a residencias individuales, ofrece un mayor ancho de banda. Sin embargo es costoso instalarlo en algunas áreas. Además, se debe tener presente como desventaja que en una casa FTTH si un operador necesita instalar una línea eléctrica separada. Las señales de energía e Internet no se mueven juntas en fibra óptica (Sisutelco, 2020, p. 1).

La estructura de la red FTTH/GPON se evidencia en la Figura 15-1:



**Figura 15-1:** Arquitectura red FTTH/GPON

Fuente: (Sisutelco, 2020, p. 1)

### 1.6. Características técnicas para análisis de la red GPON

Las tecnologías estudiadas anteriormente poseen parámetros similares para la transmisión de datos sin importar la topología o tipo de conexión utilizada, por lo que es necesario tomar en cuenta las características técnicas de la red para el análisis final, las mismas que son:

- a) **Tasa de error en los bits (BER):** Es una medida cuantitativa de extremo a extremo, que evalúa la calidad de la información recibida y se refiere a la relación entre el número de bits erróneos recibidos y el número total de bits transmitidos en determinado periodo de tiempo, si aumenta el número de bits en error la calidad de la señal se reducirá hasta llegar a un punto en que no es posible descifrar el mensaje transmitido (Ruiz, 2015, p. 39).

De acuerdo a la norma ITU G-984.2 en las redes GPON es igual a:

$$BER = 1 \times 10^{-10}$$

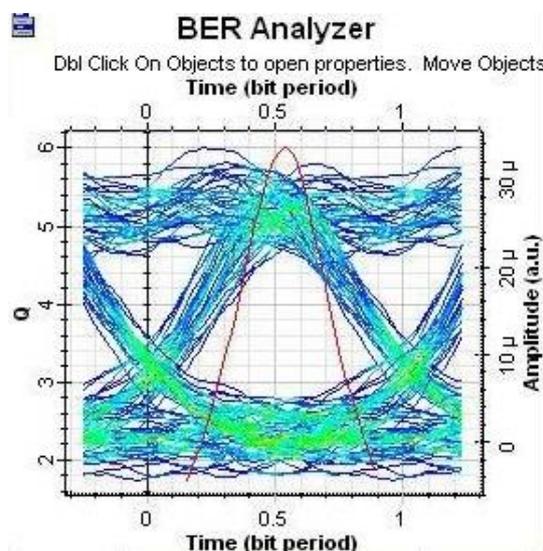
- b) **Factor Q:** El uso del factor Q proporciona una estimación del comportamiento del sistema, la distorsión de la señal se debe a diversos efectos durante la transmisión (dispersión, efectos no lineales, ruido de amplificación). La técnica más utilizada es la medida del factor de

calidad del enlace o factor Q, bajo ciertas condiciones, se puede encontrar una relación sencilla entre el factor Q y la tasa de error (BER) (Ruiz, 2015, p. 39).

El factor Q está directamente relacionado con la varianza que recibe la corriente en el receptor en base a los “1” y “0” al igual que el BER el factor de calidad depende directamente de la ITU G-984.2 y es equivalente a 6.

- c) **Balance de potencia:** El balance óptico, es decir, la máxima atenuación posible de la señal entre el equipo de central y el del abonado, se ha convertido en uno de los parámetros clave en el diseño y construcción de redes FTTH/B+. El valor típico para este balance óptico se encuentra entre los -13dBm y los -28dBm y usualmente se diseña para 28 dBm (Rodríguez, 2012, p.1).
- d) **Diagrama del ojo:** El diagrama de ojo se obtiene muestreando la señal recibida en un osciloscopio. La base de tiempo del osciloscopio se dispara a una fracción de la tasa de *bits* y, por lo tanto, produce un barrido que dura varios intervalos de *bits*. El osciloscopio muestra la superposición de muchas trazas de intervalos de *bits* de la señal recibida. El patrón osciloscopio es simplemente la señal de entrada cortada cada par de intervalos de *bits* y luego superpuesta una encima de la otra (Costales, 2020, p.23).

En las redes Gpon, el diagrama de Ojo depende directamente del factor Q, así como también de la distancia de la red y la velocidad de transmisión, en la Figura 16-1 se muestra un ejemplo del mismo:



**Figura 16-1:** Diagrama de Ojo

Fuente: (Escallon et al., p. 1)

- e) **Usuario más cercano, usuario más lejano:** El balance de potencia considera la distancia que existe desde la OLT hasta las ONT de los clientes finales, esta se relaciona directamente

con la atenuación espectral de la fibra, la cual típicamente es de 0.4 dB/km en 1310nm, sin embargo, existen otros valores de pérdida como:

- Fusiones
- Conectores
- Divisores Ópticos

Conocidos el número de conectores, fusiones y divisores ópticos, así como la atenuación espectral del cable, y las características de los equipos activos, se puede calcular cual es la distancia máxima permitida. Por ejemplo, la distancia máxima para una red GPON con un divisor óptico 1:32 y con un balance óptico máximo de 28 dB, es de 20 Km. Además, los valores de distancia a la que están los usuarios en una red FTTH suelen estar entre 5 y 20km (Rodríguez, 2012, p.1).

Dichos parámetros son utilizados para medir la calidad de servicio que oferta el proveedor hacia sus abonados, la cual, mide la consistencia en el cumplimiento de ciertas normas de servicios IP de paquetes y datos. Una de las mayores preocupaciones de los administradores de redes es que el servicio de aplicaciones y protocolos esenciales sea fiable y de alta calidad. A medida que las aplicaciones y dispositivos van usando más ancho de banda, la QoS adquiere más importancia para garantizar un nivel determinado de disponibilidad de las aplicaciones (F5 Glossary, 2021, p. 1).

Existen diferentes clases de redes GPON, entre las principales se detallan en la Tabla 6-1:

**Tabla 6-1:** Clases de Redes GPON

<b>Clase</b>	<b>Rango de atenuación óptica</b>	<b>Recomendación ITU-T</b>
GPON Clase A	5-20 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B	10-25 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase C	15-30 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B+	13-28 dB	G.984.2 Amendment 1 (2006)
GPON Clase C+	17-32 dB	G.984.2 Amendment 2 (2008)
XG-PON N1	14-29 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON N2	16-31 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E1	18-33 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E2	20-35 dB	G.987.2 (2010)

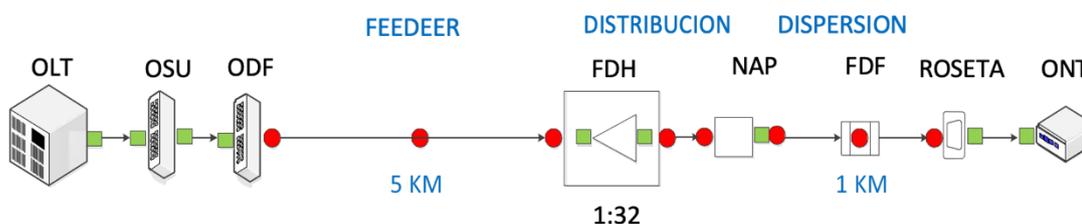
Fuente: (García, 2014, p.18)

Cada una de las clases de red GPON posee diversas características y están regidas bajo una recomendación específica de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Sin embargo, en Ecuador, de acuerdo con la normativa CNT la red GPON utilizada es la Clase B+ con atenuación de entre 13-28 dB.

### 1.7. Modelos de redes GPON

#### a) Modelo masivo casas

El modelo masivo para casas, desarrollado dentro de la normativa CNT, es usado para conexiones superiores a 96 clientes, el diseño se muestra en la Figura 17-1.

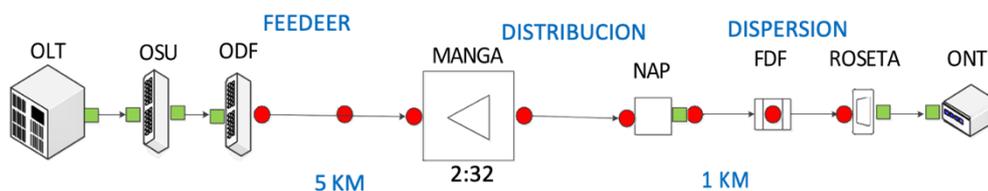


**Figura 17-1:** Modelo Masivo Casas

Fuente: (Suárez, 2015, p. 33)

#### b) Modelo masivo urbanizaciones con *splitter* conectorizado

Por otra parte, el modelo masivo para urbanizaciones se utiliza para hasta 48 clientes y su diagrama se muestra en la Figura 18-1 a continuación:

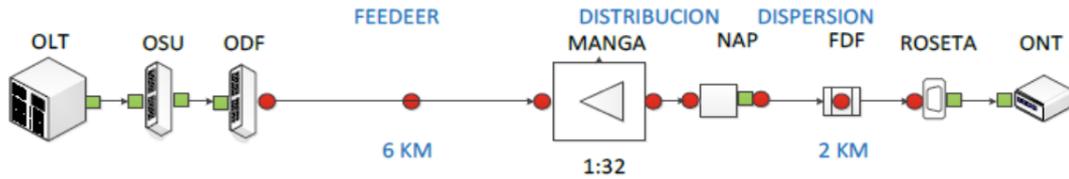


**Figura 18-1:** Modelo Masivo Urbanizaciones (hasta 48 clientes)

Fuente: (Suárez, 2015, p. 34)

#### c) Modelo masivo urbanizaciones

El modelo masivo para urbanizaciones permite una conexión desde 48 hasta 96 clientes a diferencia del modelo con *splitter* conectorizado (ver Figura 19-1).

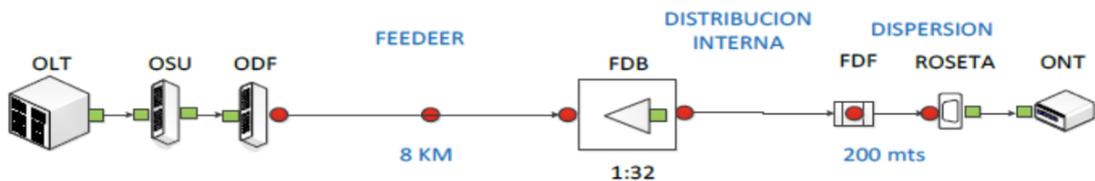


**Figura 19-1:** Modelo Masivo Urbanizaciones (48 a 96 clientes)

Fuente: (Suárez, 2015, p. 35)

**d) Modelos masivos/edificios *splitter* conectorizado**

El modelo masivo para edificios, como su nombre lo indica se usa dentro de las áreas metropolitanas a fin de cubrir edificaciones superiores a tres pisos, el modelo se presenta a continuación:

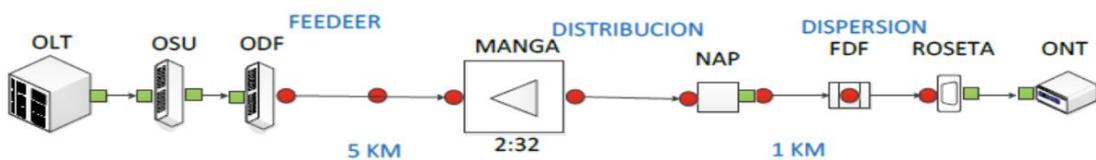


**Figura 20-1:** Modelo Masivo Edificios

Fuente: (Suárez, 2015, p. 36)

**e) Modelo parque industrial**

Una de las ventajas de este modelo es que el tendido se realiza con reservas de fibra por motivos de seguridad, es así como no existe necesidad de varios spliteos en la zona de los clientes, el diagrama como se aprecia en la Figura 21-1.

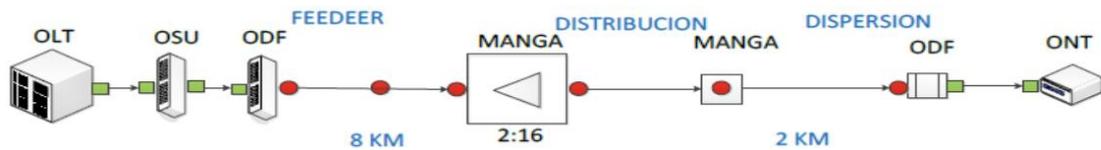


**Figura 21-1:** Modelo Parque Industrial

Fuente: (Suárez, 2015, p. 37)

**f) Modelo 3G y 4G**

EL presente modelo busca enviar voz y datos por la misma infraestructura (ver Figura 22-1).



**Figura 22-1:** Modelo 3G y 4G

Fuente: (Suárez, 2015, p. 38)

### 1.8. Análisis de los simuladores para diseños de la red GPON

El desarrollo de *software* de simulación ha permitido realizar pruebas sin necesidad de una implementación física, lo que representa una gran ventaja económica en el momento de realizar pruebas técnicas de funcionamiento y validación, si bien, existe diferentes herramientas, las más conocidas y utilizadas en el sector de las telecomunicaciones son:

- **OptiSystem:** *OptiSystem* es una herramienta de diseño de *software* poderosa, innovadora y de rápida evolución que permite a los usuarios planificar, probar y simular casi todos los tipos de enlaces ópticos en la capa de transmisión de un amplio espectro de redes ópticas, desde LAN, SAN, MAN hasta ultralargas-transportar. Ofrece el diseño y la planificación del sistema de comunicación óptica de la capa de transmisión desde el componente hasta el nivel del sistema, y presenta visualmente análisis y escenarios (Optiwave, 2021, p. 1). Entre las principales ventajas de *OptiSystem* se tiene:
  - Información detallada sobre el rendimiento del *software*.
  - Evaluación de parámetros de tolerancia en el diseño.
  - Acceso a datos específicos del sistema.
  - Optimización de recursos.
- **Opnet Modeler:** Es un programa ampliamente utilizado en la industria para modelar y simular sistemas de comunicaciones. Permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, cualidades que le permiten ofrecer a sus usuarios trabajar en procesos de investigación y desarrollo (Ecored, 2021b, p.1). Entre sus características están:
  - Basado en redes de colas contiene librerías didácticas para el modelo de redes.
  - Soporte de tecnologías LAN, MAN y WAN.
  - Control de código fuente.
  - Análisis de flujos variables de tráfico, pérdida de paquetes, monitoreo entre terminales.

- **Riverbed Modeler:** Proporciona un entorno virtual para modelar, analizar y predecir el rendimiento de las infraestructuras de TI, incluidas las aplicaciones, los servidores y las tecnologías de red. Basado en el galardonado producto *Modeler de Riverbed, Academic Edition* está diseñado para complementar ejercicios de laboratorio específicos que enseñan conceptos fundamentales de redes. La versión comercial de *Modeler* tiene capacidades más amplias diseñadas para aumentar la productividad de I + D de la red; desarrollar tecnologías y protocolos inalámbricos patentados, y evaluar las mejoras a los protocolos basados en estándares. El *software Riverbed* es utilizado por miles de organizaciones comerciales y gubernamentales en todo el mundo y por más de 500 universidades. *Modeler Academic Edition* está diseñado para cursos de redes de nivel introductorio y está dirigido solo con fines didácticos (Riverbed, 2021, p.1). Sus principales características son:

- Capacidad Inalámbrica
- Soporte Comunitario
- *Software* de paga y edición gratuita

### 1.9. Comparativa entre herramientas

En la presente investigación se realiza una simulación previa a la implementación de la red, esto se ejecuta en un *software* que cumpla con ciertos parámetros necesarios y acorde a la necesidad de la empresa. Cada uno de estos parámetros serán evaluados con la puntuación más alta en un valor de 1 si cumple y de 0 si no cumple, y estos son:

- **Licenciamiento Libre:** A fin de minimizar costos, en la investigación realizada.
- **Diseño redes de enlaces tipo WAN:** Para un análisis completo de la simulación con respecto a la implementación real en todas las zonas.
- **Bajo consumo de recursos:** Esto permite realizar una simulación en equipos con características de *hardware* y procesamiento promedio, y de esta forma no necesitar simular en equipos de alta gama, reduciendo los costos de la implementación.
- **Evaluación de Parámetros de rendimiento:** Para un mejor análisis del despliegue de la red y de esta forma evaluar cómo se comportará la red una vez implementada.

La evaluación de los parámetros se aprecia en la Tabla 7-1 a continuación:

**Tabla 7-1:** Evaluación de los parámetros

Ítems	OptiSystem	Opnet Modeler	Riverbed Modeler
Licenciamiento Libre	1	1	0
Diseño red <i>Wan</i>	1	1	1
Bajo consumo de recursos	1	0	0
Evaluación de parámetros de rendimiento	1	1	1
<b>Total</b>	4	3	2

Realizado por: Quihui Luis, 2022

Una vez realizado el análisis se evidencia que la puntuación más alta la tiene el *software OptiSystem* con el cual se desarrollará la simulación de la red a implementarse, dicha simulación se observa en el Capítulo II.

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo se refiere a todo el proceso metodológico utilizado para la investigación. Es decir, en el marco metodológico se describe, el tipo de investigación, el método utilizado, además del proceso que permite verificar la funcionalidad del proyecto.

#### 2.1. Tipos de investigación

En una investigación es imperativo tomar en cuenta la preeminencia de un método de investigación, lo que permite desplegar conocimientos contundentes. Además de que, determinar un tipo de investigación coadyuva a que el estudio siga un proceso. En la presente investigación, se utilizó una investigación de tipo bibliográfica y descriptiva, mismas que se detallan a continuación:

#### 2.2. Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica busca recopilar toda la información documental acerca del estudio en cuestión. Es decir “Consiste en detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información relevante y necesaria para el problema de investigación” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 53). Este tipo de investigación hace posible la compilación sistemática documental y conexas al diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON para proveer un servicio de internet.

#### 2.3. Investigación Descriptiva

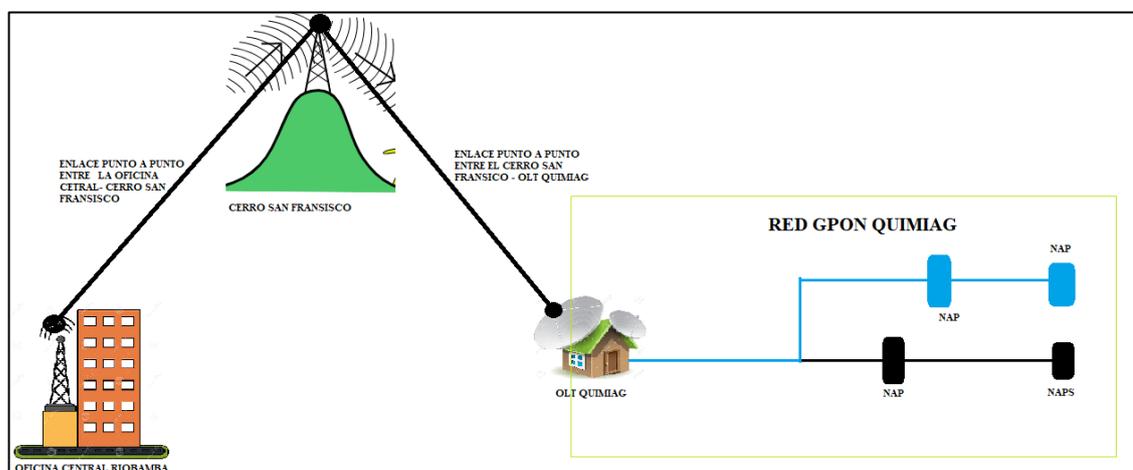
A través de la investigación descriptiva se detallan las características más relevantes del objeto de estudio. A juicio de Gómez (2012) es “La interpretación concreta de la naturaleza o sociedad actual. Trabaja con realidades del fenómeno u objeto de estudio” (p. 84). Para el presente estudio se utilizó dicha investigación con la finalidad de conceptualizar una red de fibra óptica con tecnología GPON.

El desarrollo de la red GPON empieza por la investigación cartográfica de la parroquia Quimiag, misma que ayuda a obtener datos como, la extensión, que es de 13949,63 Hec, está ubicado a una altura entre 2400 msnm – 5319 msnm. Además, el estudio permite obtener un dato fundamental a la hora de empezar con el desarrollo de la red. Por otro lado, el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Quimiag indica que existen un total de 5257 habitantes, mientras que, el informe del INEC del año 2015 indica un total de 5364 habitantes divididos en 32 comunidades

y barrios a lo largo de la parroquia, también se puede tomar del informe que la zona urbano rural tiene un total de 1700 habitantes, y que el porcentaje de crecimiento de Quimiag es menor al 1% anual.

## 2.4. Requerimientos de la red

El presente trabajo de titulación es parte de proyecto cofinanciado por CEDIA a través del programa Fondo 1:1 que permitió la transferencia de tecnología del grupo de investigación en electromagnetismo GIEM a la empresa RIOFIBER, quienes buscaban brindar internet a zonas rurales, por lo que se ejecutó el proyecto 'Diseño e implementación de una solución de conectividad Híbrida inalámbrica a GPON para proveer el servicio de internet localidades rurales de difícil acceso en la Provincia de Chimborazo', basado en una red híbrida cuyo esquema de la red final se presenta en la figura 1-2.



**Figura 1-2:** Esquema del proyecto a diseñar por la empresa RIOFIBER, CEDIA Y LA ESPCOH.

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

El ancho de banda que la empresa RIOFIBER determinó para la OLT por medio del enlace inalámbrico punto a punto fue de 2.488 Gbps para *downstream* y 1.244 Gbps para *upstream*, estos valores fueron analizados en la tesis “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES INALÁMBRICOS PARA ANALIZAR LOS PARÁMETROS TÉCNICOS QUE GARANTICEN LA TRANSMISIÓN DE VIDEO, MEDIANTE ENLACES PUNTO A PUNTO Y PUNTO MULTIPUNTO**”, como resultado del estudio del enlace y sus valores fueron entregados a la empresa para que se tomará como base en el diseño de la red GPON en la parroquia de Quimiag.

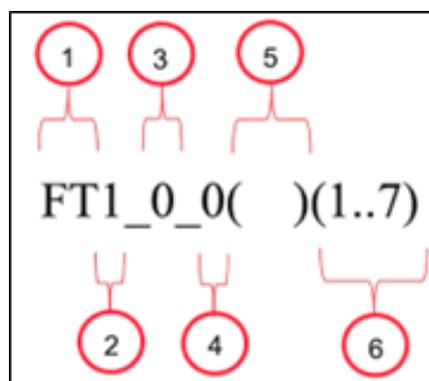
Debido que el objetivo principal del proyecto fondo 1:1 es brindar el servicio de internet a zonas rurales de la provincia de Chimborazo y no un servicio triple play, la empresa RIOFIBER requiere que la red a diseñar cubra con toda la zona urbano rural de la parroquia Quimiag y que entregue ancho de banda de al menos **20 Mbps**, para los abonados finales.

A Partir de la información proporcionada por el informe del INEC del año 2015, donde se puede corroborar que la zona urbano rural de la parroquia Quimiag en donde se va a plasmar el diseño de la red GPON, tiene un total de **420 viviendas** repartidas en toda la zona urbano rural, a las que se les considera como abonados finales para el diseño de red. Además, cabe recalcar que porcentaje de crecimiento en la parroquia es menor al **1%** anual por lo que no se considera un incremento de usuarios.

## 2.5. Parametrización de la red

Para el diseño de la red se ha proyectado el uso de cable canalizado de 48 hilos que cumplen con la norma ITU-T G652. Este tipo de cable será utilizado tanto en la red *Feeder* como en la red de Distribución, además se puede decir que, para los abonados se usará un cable de fibra óptica tipo *drop* de 2 hilos.

Una vez que se empieza con el diseño de la red, esta necesita tener definido parámetros y nomenclaturas de cada uno de los dispositivos a conectarse a fin de mantener bien estandarizada la estructura de la red, ayudado por documentos y parámetros ya definidos como se muestra en la Figura 2-2 se va a parametrizar la red *Feeder* en el diseño.



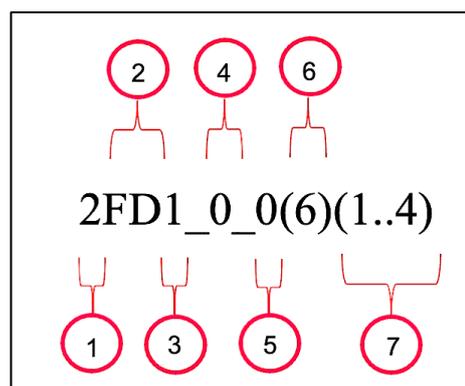
**Figura 2-2:** Nomenclatura de la red Feeder

Realizado por: Quihuirí Luis, 2022

La Figura 2-2 muestra como quedara parametrizada una red *Feeder*, pero cada número y letra tiene un significado que se indica a continuación:

- 1 = Tipo de fibra
- FT (Fibra Troncal)
- 2 = Número de red Troncal
- 3 = Número de la extensión de red Troncal.
- 4 = Número de la extensión de la extensión de red Troncal.
- 5 = Número total de hilos de la fibra
- 6 = Hilos activos de la fibra

La red de dispersión cuenta con una parametrización muy parecida a la de la red *Feeder*, como se muestra en la Figura 3-2 a continuación:



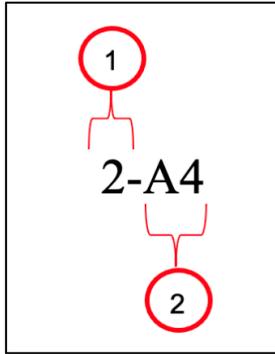
**Figura 3-2:** Nomenclatura de la red de distribución

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

De igual forma que la nomenclatura de la red de *Feeder*, cada carácter posee su especificación:

- 1 = Número de *Feeder* (Fibra Troncal)
- 2 = Fibra de Distribución FD
- 3 = Número de la red de Distribución.
- 4 = Número de la extensión de la red de Distribución.
- 5 = Número de la extensión de la extensión de la red de Distribución.
- 6 = Número total de hilos de la fibra.
- 7 = Hilos activos de la fibra.

Para las cajas de distribución o NAPs se tendrá la siguiente forma de codificación de datos:



**Figura 4-2:** Nomenclatura NAPS

Realizado por: Quihuirí Luis, 2022

De igual forma cada caracter se identifica por:

- 1 = Numero de *Feeder* o Extensión *Feeder*
- 2 = Nombre de la NAP

## 2.6. Equipos necesarios y Ancho de banda

La red será diseñada para un total de 420 abonados distribuidos a lo largo de la zona urbano rural de la parroquia Quimiag, por consiguiente, se utiliza las siguientes fórmulas para determinar el número de necesario de *NAPs* y *Splitters* a utilizar en el diseño de la red. Para hallar el número de *NAPs* se utiliza la siguiente ecuación:

$$TOTAL\ NAPs = \frac{\text{numero total de usuarios}}{\text{division segundo nivel}} = \frac{420}{16} = 27\ NAPs$$

**Ecuación 1-2:** Número de necesario de *NAPs*

Para determinar el número de *Splitters* necesario para el primer nivel, se utiliza la siguiente ecuación:

$$TOTAL\ SPLITTERS\ 1:4 = \frac{\text{total NAPs}}{\text{division primer nivel}} = \frac{27}{4} = 7\ Splitters$$

**Ecuación 2-2:** Número de *Splitters*

Una vez determinados los elementos físicos necesarios a la hora de ejecutar el diseño de la red, se debe conocer el ancho de banda que puede viajar tanto de subida como de bajada en los equipos ya antes calculados. Según los requerimientos planteados por la empresa RIOFIBER el ancho de banda máximo que a ser dividido a los equipos finales de red a partir de la OLT es de 2.488 Gbps

para *downstream* y 1.244 Gbps para *upstream*, conociendo estos valores se puede calcular el ancho de banda que viajara tanto en el primer nivel de *Splitters* (1:4), como en el segundo nivel (1:16), mediante las siguientes formulas:

$$AB = AB(GPON) \times NIVEL DE SPLITTER$$

- **Primer nivel**

$$AB = 2.488 \text{ Gbps} \times \frac{1}{4}$$

$$AB = 622 \text{ Mbps}$$

**Ecuación 3-2:** Cálculo ancho de banda primer nivel de splitter

- **Segundo nivel**

$$AB = 622 \text{ Mbps} \times \frac{1}{16}$$

$$AB = 38.875 \text{ Mbps}$$

**Ecuación 4-2:** Cálculo ancho de banda segundo nivel de splitter

La ecuación 3-2, nos muestra el ancho de banda de se tendrá a la salida de los Splitters de primer nivel utilizados en la redes de distribución de la red, mientras que la ecuación 4-2, nos muestra el ancho de banda que se tendrá a la salida de los Splitters de segundo nivel, este ancho de banda será el que llegue a los usuarios finales, con el que se puede corroborar que el ancho de banda que llegar al usuario final es casi el doble de lo planteado en el proyecto donde el ancho de banda requerido es de 20 Mbps, lo que a futuro permitirá aumentar servicio o una futura expansión de la red.

## 2.7. Distribución de Hilos

Para poder continuar completando los requerimientos de una red, se puede observar en las Tablas presentadas más adelante información que se fue utilizando a media que el proyecto se construyó. Las Tablas 1-2, 2-2, y 3-2 fueron realizadas con especificaciones que luego cobran importancia a la hora de ejecutar el estudio.

**Tabla 1-2:** Red troncal FT1\_0\_0(6)

Distribución de hilos Gpon-Quimiag						
Troncal	Buffer	Hilo	Splitter	NAP-Principal	Splitter	Caja/NAP
Fibra Troncal	1	1	1:4 / 1:16	1-A4	1:16	1-A1
					1:16	1-A2
					1:16	1-A3

		2	1:4 / 1:16	1-B4	1:16	1-B1
					1:16	1-B2
					1:16	1-B3
		3	1:4 / 1:16	1-C4	1:16	1-C1
					1:16	1-C2
					1:16	1-C3
		4	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
		5	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
6	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE		
			LIBRE	LIBRE		
			LIBRE	LIBRE		

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

**Tabla 2-3:** Red troncal FT1\_0\_0(6)

Distribución de hilos Gpon-Quimiag						
Troncal	Buffer	Hilo	Splitter	NAP-Principal	Splitter	Caja/NAP
Fibra Troncal de 6 Hilo FT2_0_0_(6)	1	1	1:4 / 1:16	2-A4	1:16	2-A1
					1:16	2-A2
					1:16	2-A3
		2	1:4 / 1:16	2-B4	1:16	2-B1
					1:16	2-B2
					1:16	2-B3
		3	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
		4	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
		5	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
		6	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE
					LIBRE	LIBRE

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

**Tabla 3-2:** Red troncal FT3\_0\_0(6)

Distribución de hilos Gpon-Quimiag						
Troncal	Buffer	Hilo	Splitter	NAP-Principal	Splitter	Caja/NAP
Fibra Troncal de 6 Hilo FT3_0_0_(6)	1	1	1:4 / 1:16	2-A4	1:16	2-A1
					1:16	2-A2
					1:16	2-A3
		2	1:4 / 1:16	2-B4	1:16	2-B1
					1:16	2-B2
					1:16	2-B3
		3	Libre	Libre	LIBRE	LIBRE

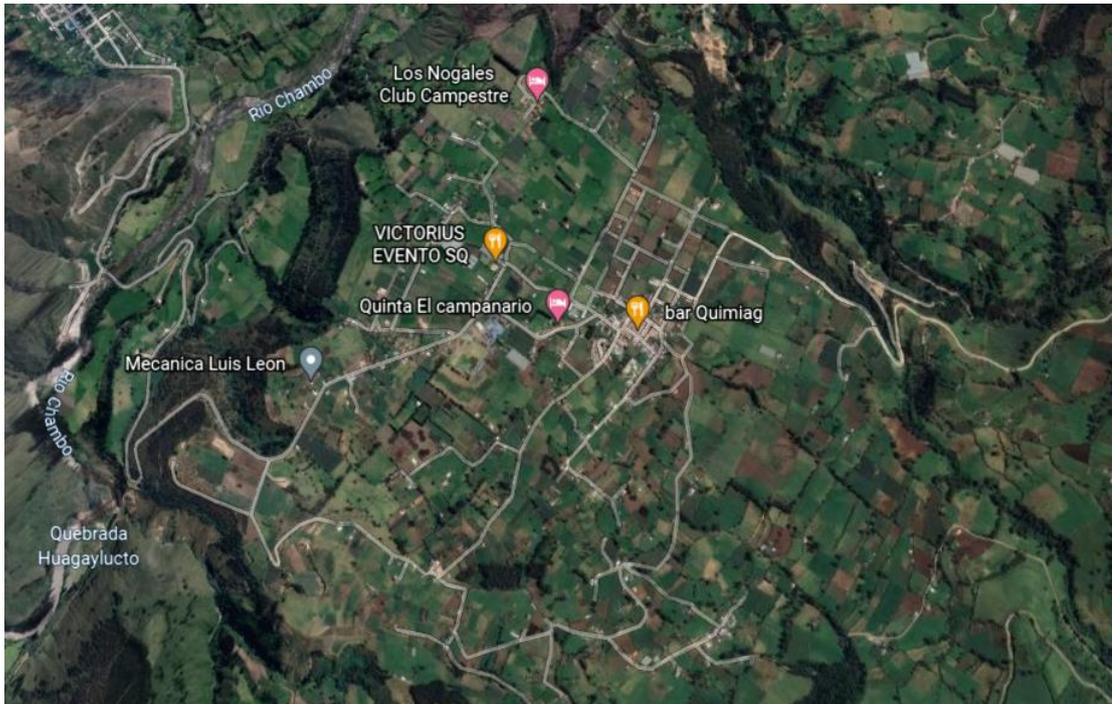
				LIBRE	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
		4	Libre	Libre	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
		5	Libre	Libre	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
		6	Libre	Libre	LIBRE
				LIBRE	LIBRE
				LIBRE	LIBRE

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

## 2.8. Diseño de la red GPON

El diseño de la red GPON está realizado en ArcMap 10.3 y AutoCAD 2020 y su principal objetivo es el desarrollo de los planos para de esta forma tener previamente documentado toda la información solicitada por la Agencia de regulación y control de las Telecomunicaciones ARCOTEL. El *software* ArcMap 10.3 posee una amplia gama de librerías en la cual diferentes texturas, paleta de colores, así como también, ciertos recursos que, permiten diseñar un modelo completo y semejante a la realidad de la parroquia Quimiag.

Por otra parte, es importante resaltar que el desarrollo del diseño está sustentado bajo la Normativa CNT para redes GPON y acorde a la normativa de estándares y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU 984.X, el servicio está orientado a proveer de Internet a las viviendas de la parroquia Quimiag ubicado en la Provincia de Chimborazo, territorio poseedor de una extensa zona geográfica con múltiples hogares como se evidencia en la Figura 5-2, a continuación:



**Figura 5-2:** Ubicación geográfica Cantón Quimiag

Fuente: Google Maps (2022)

## 2.9. Diseño de la red Feeder y de Distribución

Para el diseño de esta red se utilizó cable canalizado de 48 hilos de capacidad, que serán repartidos para los siete *Splitters* principales distribuidos en tres redes principales conocidas como redes *Feeder* que serán señalizadas de la siguiente manera, FT1, FT2 y FT3 a partir de estas tres redes principales se encontrara un total de siete subredes conocidas como redes de distribución, estas redes de distribución serán nombradas a partir de la red principal como por ejemplo tenemos las redes, 1FD1, 1FD2 y 1FD3. En estas redes de distribución se halla los NAPs o cajas utilizadas tanto para el primer nivel de *Splitters* como para el segundo nivel, dichas NAPs estarán nombradas de acuerdo a la red principal y su notación será puesta según la proximidad a la manga o al primer nivel de *Splitter*. Es decir que, la NAP, más lejana será conocida como 1-A1, mientras que la más cercana será nombrada como 1-A4.

### Red Feeder FT1

La Figura 6-2 muestra el diseño de la primera red *Feeder* elaborado en el *software ArcMap*, de acuerdo con la distribución de la tabla y cumpliendo con las normas estipuladas por la ARCOTEL, la red denomina FT1\_0\_0(6)(1..3), constara de tres redes de distribución, y un total de 27 equipos divididos en toda la red.

**Tabla 4-2:** Diseño de la primera red Feeder FT1\_0\_0(6)(1..3)

Número	Tipo	Denominación	Figura
1	Red Feeder	FT1_0_0(6)(1..3)	
1	Red distribución	1FD1_0_0(6)(1..4)	
1	Red distribución	1FD2_0_0(6)(1..4)	
1	Red distribución	1FD3_0_0(6)(1..4)	
3	Splitters 1:4		
12	Splitters 1:16		
4	NAPs (1DF1)	(1-A1 hasta 1-A4)	
4	NAPs (1DF2)	(1-B1 hasta 1-B4)	
4	NAPs (1DF3)	(1-C1 hasta 1-C4)	

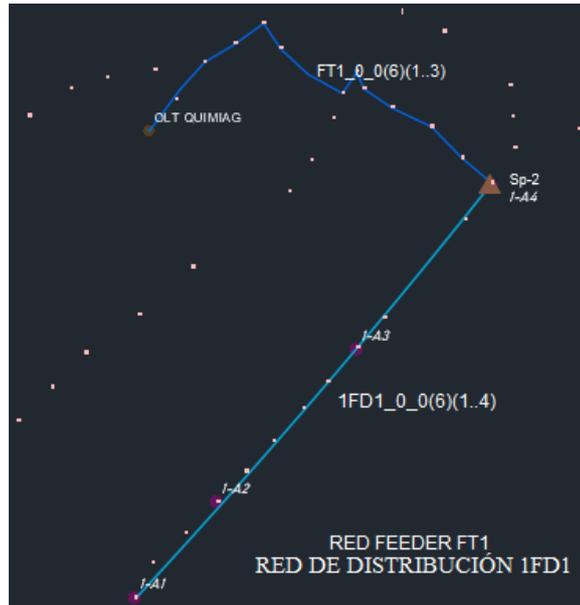
Realizado por: Quihui Luis, 2022



**Figura 6-2:** Distribución de la red Feeder FT1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

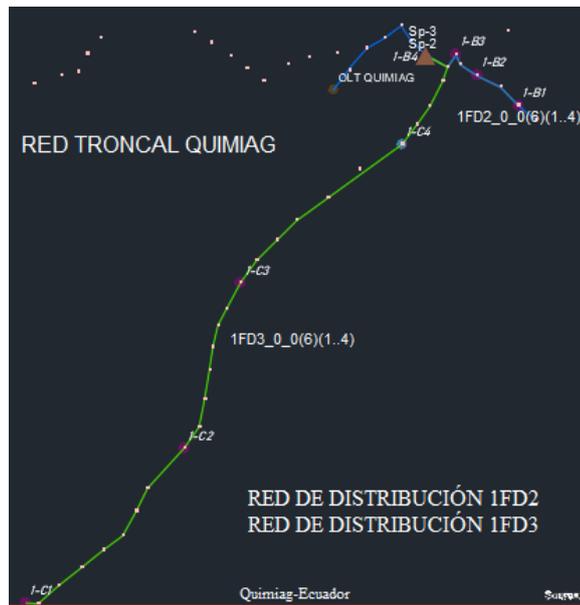
La Figura 7-2, muestra la red Feeder y la primera Red de distribución con sus respectivos equipos y nombres fijados en la tabla 4-2, diseñados en el *software AutoCAD 2020*.



**Figura 7-2:** Red de Distribución 1FD1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

La Figura 8-2 se muestra las redes de distribución 1FD2 Y 1FD3, que corresponden a la segunda y tercera división con sus respectivos equipos y nombres diseñados en el *software AutoCAD 2020*.



**Figura 8-2:** Redes de distribución 1FD2 Y 1FD3

Realizado por: Quihui Luis, 2022

### Red Feeder FT2

La Figura 9-2, muestra el diseño de la segunda red Feeder elaborado en el *software ArcMap*, de acuerdo con la distribución de la Tabla 5-2 y cumpliendo con las normas estipuladas por la

ARCOTEL, la red denomina FT2\_0\_0(6) (1..2), constara de dos redes de distribución y un total de 18 equipos divididos en toda la red.

**Tabla 5-2:** Diseño de la segunda red Feeder FT2\_0\_0(6)(1..2)

Número	Tipo	Denominación	Figura
1	Red Feeder	FT2_0_0(6)(1..3)	
1	Red distribución	2FD1_0_0(6)(1..4)	
1	Red distribución	2FD2_0_0(6)(1..4)	
2	Splitters 1:4		
8	Splitters 1:16		
4	NAPs (2DF1)	(2-A1 hasta 2-A4)	
4	NAPs (2DF2)	(2-B1 hasta 2-B4)	

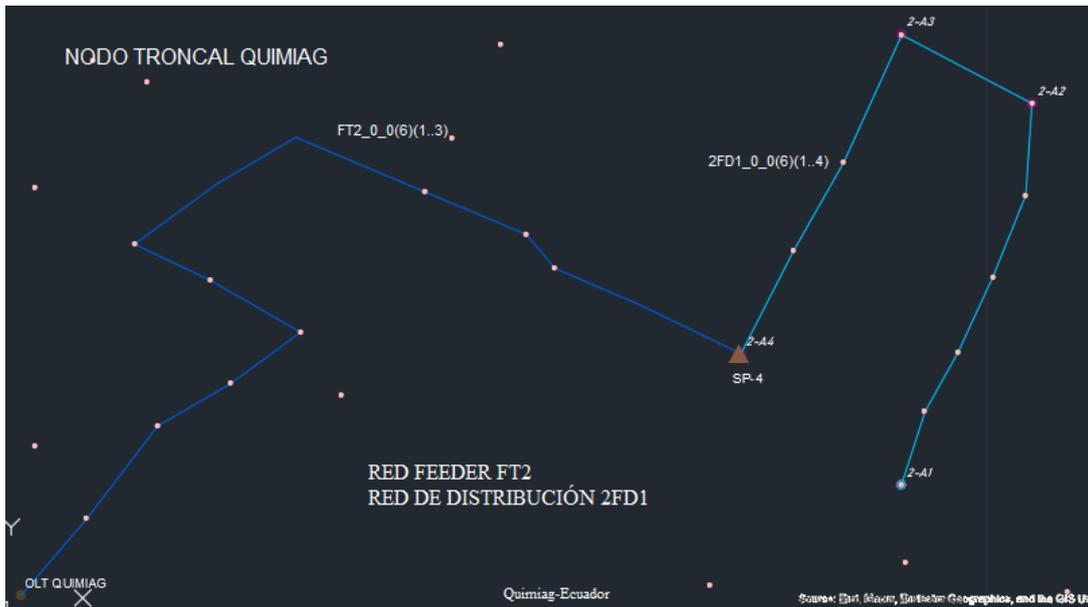
Realizado por: Quihuiri Luis, 2022



**Figura 9-2:** Distribución de la red Feeder FT2

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

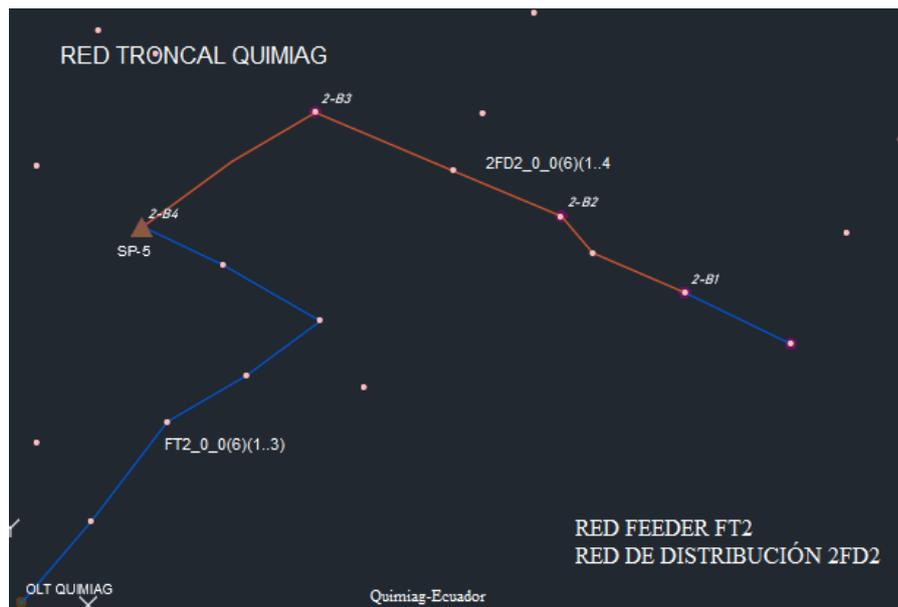
La Figura 10-2, muestra la *red Feeder* y la red de distribución 2FD1, con sus respectivos equipos y nombres dispuestos en la Tabla 5-2, diseñados en el *software AutoCAD 2020*.



**Figura 10-2:** Red Feeder FT2 y red de distribución 2FD1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

La Figura 11-2, muestra la red de distribución 2FD2 a continuación:



**Figura 11-2:** Red de distribución 2FD2

Realizado por: Quihui Luis, 2022

### Red Feeder FT3

La Figura 12-2, muestra el diseño de la tercera red Feeder, de acuerdo con la distribución de la Tabla 6-2 tenemos que la red denomina FT3\_0\_0(6)(1..2), constara de dos redes de distribución, y un total de 18 equipos divididos en toda la red.

**Tabla 6-2:** Diseño de la tercera red Feeder FT3\_0\_0(6)(1..2)

Número	Tipo	Denominación	Figura
1	Red Feeder	FT3_0_0(6)(1..2)	
1	Red distribución	3FD1_0_0(6)(1..4)	
1	Red distribución	3FD2_0_0(6)(1..4)	
2	Splitters 1:4		
8	Splitters 1:16		
4	NAPs (3DF1)	(3-A1 hasta 3-A4)	
4	NAPs (3DF2)	(3-B1 hasta 3-B4)	

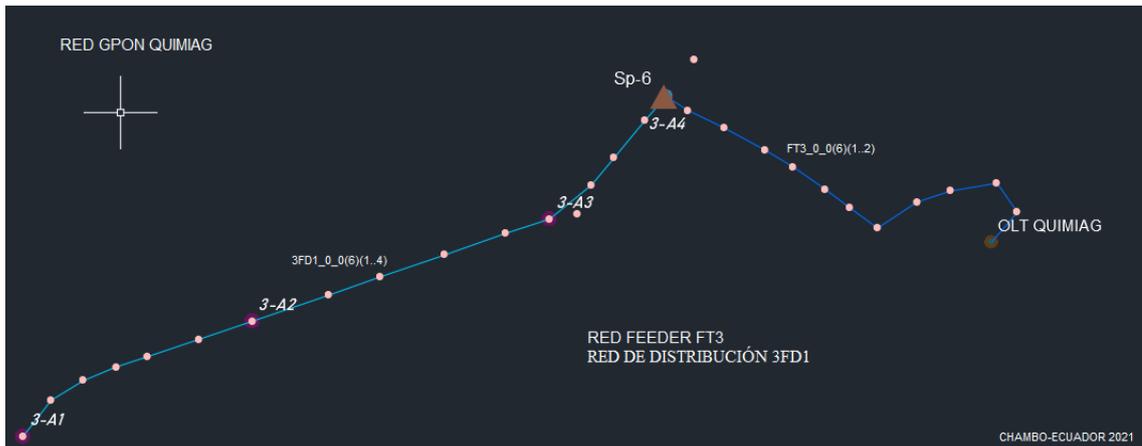
Realizado por: Quihui Luis, 2022



**Figura 12-2:** Distribución de la red Feeder FT3

Realizado por: Quihui Luis, 2022

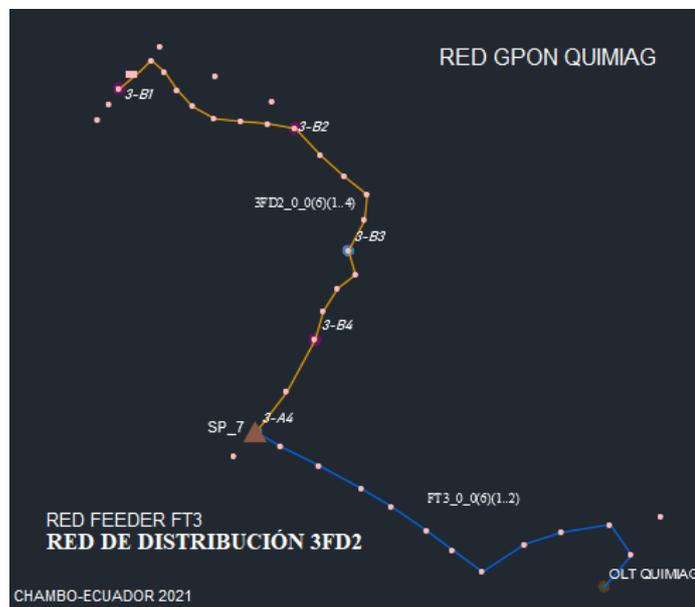
La Figura 13-3, muestra la red Feeder y la red de distribución 3FD1, con sus respectivos equipos y nombres dispuestos en la Tabla 6-3, diseñados en el *software AutoCAD 2020*.



**Figura 13-2:** Distribución de la red Feeder FT3 y red de distribución 3FD1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

La Figura 14-3, muestra la red de distribución 3FD2, como se muestra a continuación:



**Figura 14-2:** Red de distribución 3FD2

realizado por: Quihui Luis, 2022

## 2.10. Presupuesto óptico

El presupuesto óptico indica el índice de atenuación que afecta directamente a la OND de la red PON, basándose en valores fijados por las normativas revisadas anteriormente y de manera principal en los estándares de la ITUG984.x. Para encontrar la atenuación final de la red propuesta

se toman todos los valores que afectan al presupuesto óptico en la ecuación, se plasma la forma de calcular la atenuación total de un enlace.

$$At = A_f + L_c + A_e + A_{SPL1} + A_{SPL2} + A_{pc} + A_{pic} + Ms$$

**Ecuación 5-2:** Cálculo atenuación final

Donde:

**$A_f$ :** Atenuación de la fibra

**$L_c$ :** Perdidas por conectores

**$A_e$ :** Atenuación de empalme

**$A_{SPL1}$ :** Atenuación *splitter* primario

**$A_{SPL2}$ :** Atenuación *splitter* secundario

**$Ms$ :** Margen de seguridad

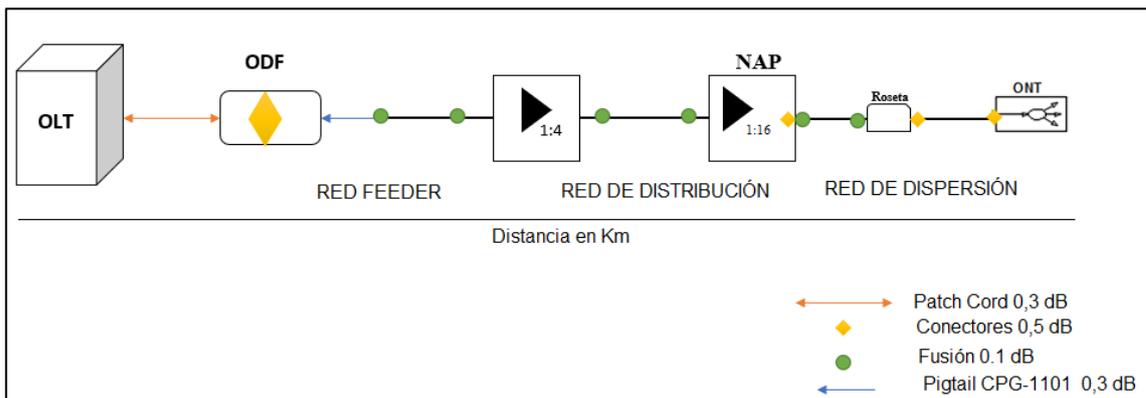
**$At$ :** Atenuación total

**$A_{pc}$ :** Atenuación por *patch cord*

**$A_{pic}$ :** Atenuación por *pigtail*

Dentro de una red PON, el correcto funcionamiento dependerá del total de pérdidas (dB), desde la OLT hacia el usuario final ONT también conocidas como pérdidas de retorno.

La red diseñada debe tener una atenuación máxima de 28(dB), esta atenuación es debido a que la red se la trabaja en la clase B+, bajo la normativa ITU-T G.984.2 y a partir del modelo masivo/casas que se puede observar en la Figura 15-2, definido en el capítulo anterior y para cumplir con las especificaciones del modelo se toma en cuenta ciertos valores donde los conectores tendrán una atenuación típica de 0.5(dB), las pérdidas por fusión que define el modelo masivo/casa es de 0.3(dB), mientras que las pérdidas por *splitter* 1:4 es de 7(dB) y para *splitter* 1:16 es de 13.3(dB) definidos en la Tabla 5-2. Así también, se tiene la pérdida de la fibra óptica que es de 0,36(dB/Km) para longitudes iguales a 1310nm y se considera un margen de seguridad de 3(dB).





$$At_1 = \left(0.216 \text{ km} * \frac{0.36\text{dB}}{\text{km}}\right) + (4 * 0.5\text{dB}) + (6 * 0.1\text{dB}) + 7\text{dB} + 13.3\text{dB} + (1 * 0,3\text{dB})$$

$$+ (1 * 0,3\text{dB}) + 3\text{dB}$$

$$At_1 = 26,577 \text{ dB}$$

$$At_2 = \left(0.224 \text{ km} * \frac{0.36\text{dB}}{\text{km}}\right) + (4 * 0.5\text{dB}) + (6 * 0.1\text{dB}) + 7\text{dB} + 13.3\text{dB} + (1 * 0,3\text{dB})$$

$$+ (1 * 0,3\text{dB}) + 3\text{dB}$$

$$At_2 = 26,580 \text{ dB}$$

$$At_3 = \left(0.448 \text{ km} * \frac{0.36\text{dB}}{\text{km}}\right) + (4 * 0.5\text{dB}) + (6 * 0.1\text{dB}) + 7\text{dB} + 13.3\text{dB} + (1 * 0,3\text{dB})$$

$$+ (1 * 0,3\text{dB}) + 3\text{dB}$$

$$At_3 = 26.661 \text{ dB}$$

**Ecuación 7-2:** Cálculo atenuación del usuario más cercano

**c) Balance óptico de potencia**

Radica en verificar si los equipos van a soportar la señal transmitida por el sistema y evitar sobrecargas de la potencia. Para realizar el cálculo del balance de potencia se utilizará los valores de la sensibilidad óptica de -28dBm y la potencia de recepción óptica de 5 dBm, que está establecido por la normativa ITU-T G.984.2 de Clase B+.

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL}$$

**Ecuación 8-3:** Cálculo del balance de potencia

Dónde:

$P_{Rx}$ : Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo

$P_{Tx}$ : Potencia máxima del transmisor óptico

$\alpha_{TOTAL}$ : Valor total de pérdidas

**d) Balance de potencia óptico del usuario más cercano**

Los valores de las pérdidas totales se pueden visualizar en los ítems de atenuación de usuarios más cercanos, y se utilizarán estos en los cálculos, para hallar el balance óptico del usuario más cercano de las tres redes principales se utiliza la siguiente ecuación:

- Red Feeder 1

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 26.577dB \\
 \mathbf{-28dBm} &\leq \mathbf{-21.577dBm}
 \end{aligned}$$

- Red Feeder 2

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 26.580dB \\
 \mathbf{-28dBm} &\leq \mathbf{-21.58dBm}
 \end{aligned}$$

- Red Feeder 3

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 26.661dB \\
 \mathbf{-28dBm} &\leq \mathbf{-21.661dBm}
 \end{aligned}$$

**Ecuación 9-2:** Cálculo balance óptico del usuario más cercano

#### e) Balance de potencia óptico del usuario más lejano

Los valores de las pérdidas totales se las puede apreciar en los ítems de atenuación de usuarios más lejanos, mismos serán usados en los cálculos. Para hallar el balance óptico del usuario más lejanos de las tres redes principales, se utiliza la siguiente fórmula:

- Red Feeder 1

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 27.004 dB \\
 \mathbf{-28dBm} &\leq \mathbf{-22.004 dBm}
 \end{aligned}$$

- Red Feeder 2

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 26.8042 dB \\
 \mathbf{-28dBm} &\leq \mathbf{-21.8042 dBm}
 \end{aligned}$$

- Red Feeder 3

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &\leq P_{Tx} - \alpha_{TOTAL} \\
 -28dBm &\leq 5dBm - 26.928 dB
 \end{aligned}$$

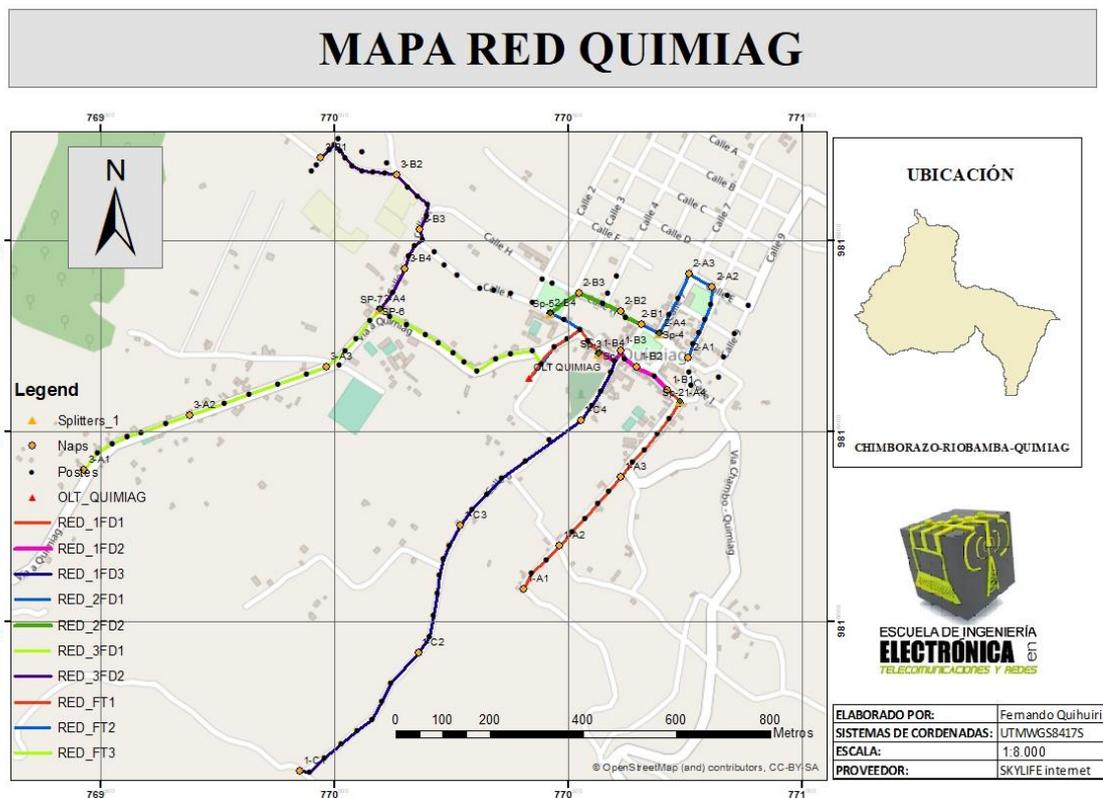
$$-28dBm \leq -21.928dBm$$

**Ecuación 10-2:** Cálculo balance óptico del usuario más lejanos

Cabe señalar que los valores obtenidos del cálculo del balance de potencia del usuario más cercano y lejano están dentro del rango de la sensibilidad óptica.

**2.11. Diseño georreferenciado**

Para el desarrollo del diseño fue necesario solicitar la planimetría del cantón o del área en la cual se va a desplegar la red GPON. Este diseño es solicitado a fuentes confiables como los GAD, Consejos Cantonales, INEC, mapas que contiene el *software ArcMap 13.0*, entre otros. Esta información debe ser detallada para un mejor diseño y deberá estar en una escala 1:8000 para garantizar la distancia real, además tiene que contar con ciertos parámetros solicitados por la ARCOTEL. El diseño se muestra en la Figura 16-2.



**Figura 16-2:** Diseño planimetría red GPON

Realizado por: Quihui Luis, 2022

El informe de elementos que es solicitada por la ARCOTEL, se la representa en la Tabla 7-2, misma que muestra 8 de 18 parámetros considerados como los principales a la hora de diseñar la

red. La tabla indica el total de elementos tanto pasivos como activos utilizados en el diseño y debidamente georreferenciados, además de postes utilizados y otros productos.

**Tabla 7-2: Elementos de la red Georreferenciados**

Elementos georreferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL							
ID	Iden_punto	Cod_parr	Longitud	Latitud	Operadora	Tipo_punto	Desc_punto
0	POO4104	060103	-78.5781066	-1.66032433	Skylife	Poste	Herraje
1	POO4104	060103	-78.5778552	-1.65999967	Skylife	Poste	Herraje
2	POO4104	060103	-78.5775705	-1.65982401	Skylife	Poste	Herraje
3	POO4104	060103	-78.5772816	-1.65970125	Skylife	Poste	Herraje
4	POO0101	060103	-78.5770066	-1.65960627	Skylife	Poste	Herraje
137	Spt_001	060103	-78.5681967	-1.65808501	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
138	Spt_002	060103	-78.5666433	-1.65901221	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
139	Spt_003	060103	-78.5681967	-1.65808501	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
140	Spt_004	060103	-78.5670462	-1.65771904	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
141	Spt_005	060103	-78.5691503	-1.65733691	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
142	Spt_006	060103	-78.5721745	-1.65693866	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
143	Spt_007	060103	-78.5721745	-1.65693866	Skylife	Elemento pasivo	Splitter
144	OLT_QUIMI	060103	-78.5714658	-1.6613819	Skylife	Elemento Activo	OLT
145	1-A1	060103	-78.5696488	-1.66257086	Skylife	Elemento pasivo	Naps
146	1-A2	060103	-78.5689555	-1.66175077	Skylife	Elemento pasivo	Naps
147	1-A3	060103	-78.5677736	-1.66042461	Skylife	Elemento pasivo	Naps
148	1-A4	060103	-78.5666433	-1.65901221	Skylife	Elemento pasivo	Naps
149	1-B1	060103	-78.5668931	-1.65880087	Skylife	Elemento pasivo	Naps
150	1-B2	060103	-78.5674868	-1.65837023	Skylife	Elemento pasivo	Naps
151	1-B3	060103	-78.5677859	-1.65806615	Skylife	Elemento pasivo	Naps
152	1-B4	060103	-78.5681967	-1.65808501	Skylife	Elemento pasivo	Naps
153	1-C1	060103	-78.5737717	-1.6660469	Skylife	Elemento pasivo	Naps
154	1-C2	060103	-78.5716799	-1.66378562	Skylife	Elemento pasivo	Naps
155	1-C3	060103	-78.5708735	-1.6613804	Skylife	Elemento pasivo	Naps
156	1-C4	060103	-78.5691696	-1.65973756	Skylife	Elemento pasivo	Naps
157	2-B3	060103	-78.5685903	-1.65695991	Skylife	Elemento pasivo	Naps
158	2-B2	060103	-78.5677914	-1.65730049	Skylife	Elemento pasivo	Naps
159	2-B1	060103	-78.5673901	-1.65755164	Skylife	Elemento pasivo	Naps
160	2-A4	060103	-78.5670462	-1.65771904	Skylife	Elemento pasivo	Naps

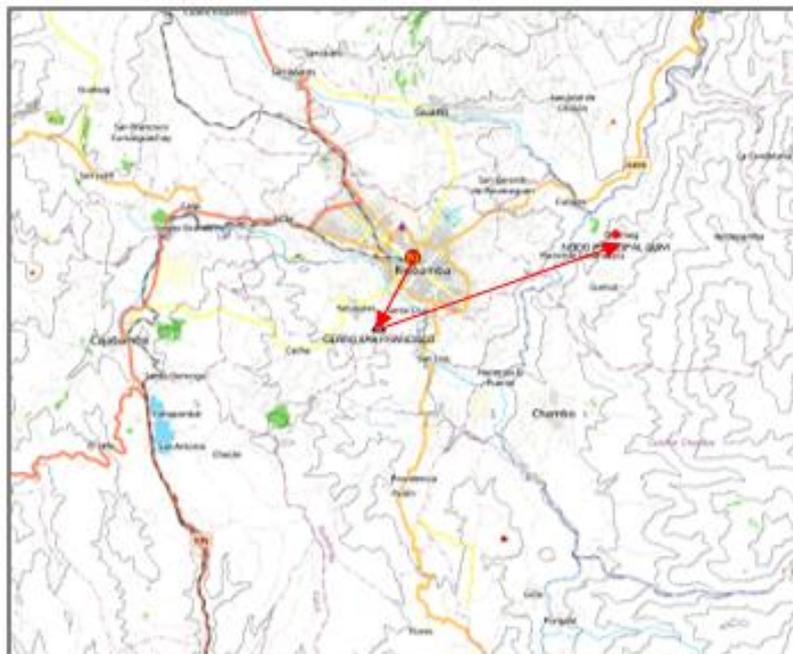
161	2-A3	060103	-78.56649	-1.65659715	Skylife	Elemento pasivo	Naps
162	2-A2	060103	-78.5660374	-1.65683831	Skylife	Elemento pasivo	Naps
163	2-A1	060103	-78.5664888	-1.65818044	Skylife	Elemento pasivo	Naps
164	2-B4	060103	-78.5691503	-1.65733691	Skylife	Elemento pasivo	Naps
165	3-A1	060103	-78.5781066	-1.66032433	Skylife	Elemento pasivo	Naps
166	3-A2	060103	-78.576079	-1.65928885	Skylife	Elemento pasivo	Naps
167	3-A3	060103	-78.5734517	-1.65837125	Skylife	Elemento pasivo	Naps
168	3-A4	060103	-78.5724239	-1.65727267	Skylife	Elemento pasivo	Naps
169	3-B1	060103	-78.5735633	-1.65439367	Skylife	Elemento pasivo	Naps
170	3-B2	060103	-78.5721024	-1.65472501	Skylife	Elemento pasivo	Naps
171	3-B3	060103	-78.5709294	-1.65660919	Skylife	Elemento pasivo	Naps
172	3-B4	060103	-78.5719392	-1.65650128	Skylife	Elemento pasivo	Naps

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

La tabla completa del informe de diseño que se presentó a la ARCOTEL la podemos visualizar en el Anexo I

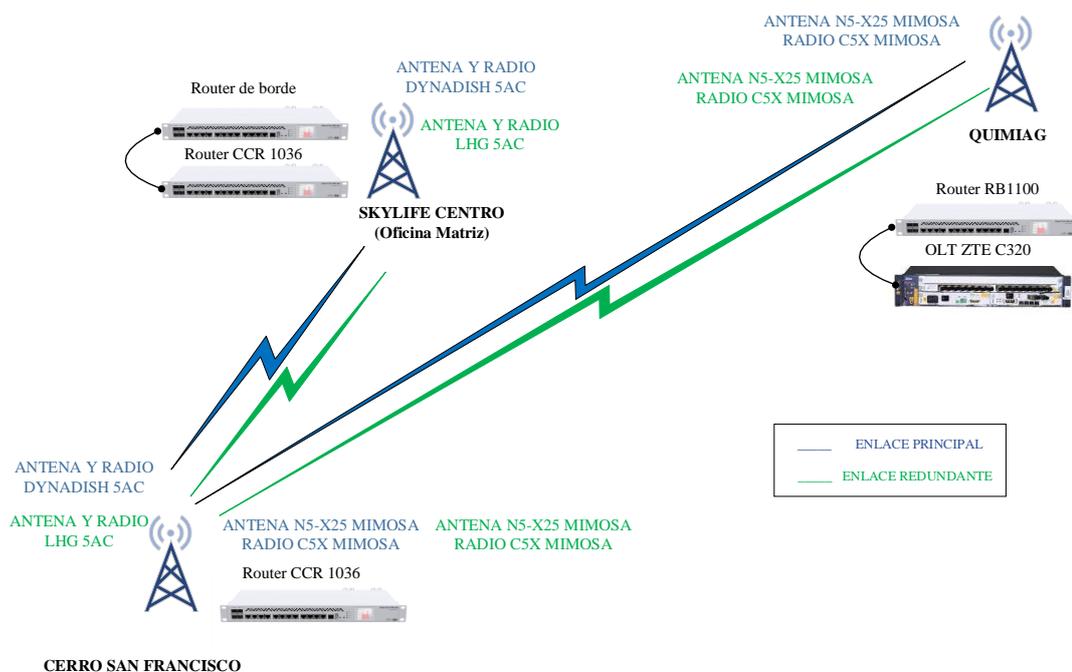
## **2.12. Diseño del radio enlace para comunicación**

Para establecer la comunicación hacia el punto de servicio, se usa la implementación de un radio enlace, el cual consta de tres puntos: Oficina Matriz hacia el Cerro San Francisco y hacia el nodo principal en Quimiag, mismo que, ha sido previamente simulado en el *software Radio Mobile*, para verificar la correcta comunicación entre puntos, este enlace se aprecia en la Figura 17-2:



**Figura 17-2:** Radioenlace Oficina Matriz, Cerro San Francisco, Quimiag  
 Realizado por: Quihui Luis, 2022

De manera adicional, se detalla el diagrama de conexión como se muestra en la Figura 18-2:



**Figura 18-2:** Diagrama de conexión  
 Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la figura presentada se detalla la conexión de equipos a utilizarse en cada nodo, así como también, la forma de establecer la comunicación entre los diferentes puntos para proveer el servicio a los habitantes de la parroquia Quimiag. Para realizar la comunicación se hace uso de los equipos presentados en la Tabla 8-2, presentada a continuación:

**Tabla 8-2:** Equipos utilizados para comunicación

Cantidad	Unidad	Descripción
2	U	Antena y radio DYNADISH 5 AC MIKROTIK
1	Kit	Antena N5-X25 MIMOSA y radio C5x MIMOSA
1	Kit	Antena N5-X25 MIMOSA y radio C5x MIMOSA (enlace redundante)
2	U	Antena y radio LHG 5AC MIKROTIK (enlace redundante)
1	U	Router CCR1036 12G 4S
1	U	Router RB1100 AHx2 – 13 puertos
1	U	Router CCR1036 8G 2S

**Realizado por:** Quihuiri Luis, 2022

Los equipos utilizados en el desarrollo del diseño han sido otorgados por la empresa consultora y quienes serán los encargados desarrollar el despliegue de la red, entre las características de los equipos se tiene:

- **DYNADISH 5 AC MIKROTIK:** Es un nuevo dispositivo para exteriores 802.11ac con una antena integrada de 25dBi. De diseño compacto, es un producto simple y completamente integrado con todo lo que necesita para instalar rápidamente un enlace punto a punto confiable. Funciona con una nueva CPU de 720MHz de Qualcomm. RBDynaDishG-5HacD-US (EE. UU.) Está bloqueado de fábrica para las frecuencias de 5170-5250MHz y 5725-5835MHz. Este candado no se puede quitar. Admite el rango de 5150-5875MHz (el rango de frecuencia específico puede estar limitado por las regulaciones del país). La característica del equipo se aprecia en la Tabla 9-2.

**Tabla 9-2:** Especificaciones Técnicas DYNADISH 5 AC MIKROTIK

Descripción	Detalle
Código de producto	RBDynaDishG-5HacDr3
Arquitectura	MIPSBE
CPU	QCA9557
CPU Núcleo	1
CPU Frecuencia Nominal	720 MHz
Dimensiones	Ø 404mm * 175mm
Número de licencias RouterOS	3
Sistema Operativo	RouterOS

Memoria RAM	128 MB
Almacenamiento	16 MB
Tipo de almacenamiento	FLASH
MTBF	Approximately 200'000 hours at 25C
Temperatura ambiente	-40°C to 70°C
Precio	\$179.00

Fuente: (Mikrotik, 2021a, p. 1)

- **N5-X25 MIMOSA:** La Mimosa N5-x25 es la antena dish más versátil de la industria, misma que, posee cuatro opciones a escoger de antena modular giratoria, y es este modelo el de mayor ganancia. La solución ultrarresistente proporciona una operación de frecuencia extendida de 4,9 a 6,4 GHz con la mejor inmunidad al ruido de su clase. Al ofrecer lo último en flexibilidad y rentabilidad, la N5-x25 puede ser usada tanto para soluciones PTP como para PTMP ideal para implementaciones de 5 GHz (Sincables 2021, p. 1). Las características específicas del producto las encontramos en la Tabla 10-2:

**Tabla 10-2:** Especificaciones Técnicas N5-X25 MIMOSA

Descripción	Detalle
Modelo	N5-x25
Rango de Operación	4920-6400 MHz.
Estándares	802.11a/n/ac.
Puerto de conexión	Radial rotacional Mimosa.
Antena	Dish de 25dBi
Relación frente espalda	40dB
Relación frontal-lateral	>45dB
Peso	0,98Kg sin empaques
Dimensiones	430 x 430 x 16mm.

Fuente: (Sincables 2021, p. 1)

- **LHG 5AC MIKROTIK:** Es un dispositivo inalámbrico 802.11ac de 5 GHz compacto y ligero con una antena de cuadrícula integrada de polarización dual de 24,5 dBi a un precio revolucionario. Es perfecto para enlaces punto a punto o para usar como CPE a distancias más largas y admite el protocolo Nv2 TDMA. El dispositivo incluye un puerto Ethernet de 10/100/1000 Mbit para utilizar completamente las velocidades que proporciona el protocolo 802.11ac. LHG 5 ac-US (EE. UU.) Está bloqueado de fábrica para frecuencias de 5170-5250MHz y 5725-5835MHz. Este candado no se puede quitar. Las características se aprecian en la Tabla 11-2 a continuación:

**Tabla 11-2:** Especificaciones Técnicas LHG 5AC MIKROTIK

Descripción	Detalle
-------------	---------

Código de producto	RBLHGG-5acD
Arquitectura	BRAZO 32bit
UPC	IPQ-4018
Recuento de núcleos de CPU	4
Frecuencia nominal de la CPU	716 MHz
Dimensiones	Ø 391 x 222 mm
Licencia de RouterOS	3
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	256 MB
Tamaño de almacenamiento	16 MB
Tipo de almacenamiento	DESTELLO
MTBF	Aproximadamente 100.000 horas a 25 ° C
Temperatura ambiente probada	-40 ° C hasta 70 ° C
Aceleración de hardware IPsec	Sí
Precio sugerido	89,00 \$

Fuente: (Mikrotik, 2021b, p.1)

- **Router CCR1036 12G 4S:** Es un enrutador de grado industrial con CPU de 36 núcleos de vanguardia. Si necesita muchos millones de paquetes por segundo, Cloud Core Router con 36 núcleos es su mejor opción. El dispositivo viene en una caja de montaje en rack de 1U, tiene cuatro puertos SFP, doce puertos Ethernet Gigabit, un cable de consola en serie y un puerto USB. La nueva versión r2 tiene 4GB de RAM incorporados, ranura M.2 incorporada, ranura USB de tamaño completo y PSU dual para redundancia. La descripción técnica se aprecia en la Tabla 12-2:

**Tabla 12-2:** Especificaciones Técnicas Router CCR1036 12G 4S

Descripción	Detalle
Código de producto	CCR1036-12G-4S
Arquitectura	LOSETA
UPC	TLR4-03680
Recuento de núcleos de CPU	36
Frecuencia nominal de la CPU	1,2 GHz
Dimensiones	443 x 193 x 44 mm
Licencia de RouterOS	6
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	4 GB
Tamaño de almacenamiento	1 GB
Tipo de almacenamiento	NAND
MTBF	Aproximadamente 200.000 horas a 25 ° C
Temperatura ambiente probada	-20 ° C hasta 60 ° C
Aceleración de hardware IPsec	Sí
Precio sugerido	\$ 995.00

Fuente: (Mikrotik, 2021c, p.1)

- **Router RB1100 AHx2 – 13 puertos:** Es un enrutador Gigabit Ethernet de montaje en rack de 1U: con un CPU de doble núcleo, puede alcanzar hasta un millón de paquetes por segundo y admite cifrado de hardware. Tiene trece puertos Gigabit Ethernet individuales, dos grupos de conmutadores de 5 puertos e incluye capacidad de derivación de Ethernet. Se incluyen 2GB de RAM SODIMM, hay una ranura para tarjeta microSD, un zumbador y un puerto serial. El RB1100AHx2 viene preinstalado en una caja de aluminio para montaje en rack de 1U, fuente de alimentación y enchufe, ensamblado y listo para implementar. La especificación técnica se detalla en la Tabla 13-2 a continuación:

**Tabla 13-2:** Especificaciones Técnicas Router RB1100AHx2

Descripción	Detalle
Código de producto	RB1100AHx2
Arquitectura	PPC
UPC	P202ASSE2KFB
Recuento de núcleos de CPU	2
Frecuencia nominal de la CPU	1066 MHz
Dimensiones	Caja 1U: 44 x 176 x 442 mm, 1200g. Solo tablero: 365g
Licencia de RouterOS	6
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	2 GB
Tamaño de almacenamiento	128 MB
Tipo de almacenamiento	NAND
MTBF	Aproximadamente 200.000 horas a 25 ° C
Temperatura ambiente probada	-35 ° C hasta 70 ° C
Aceleración de hardware IPsec	Sí
Precio sugerido	\$ 349.00

Fuente: (Mikrotik, 2021d, p.1)

- **Router CCR1036 8G 2S:** Tiene dos puertos SFP + para soporte de interfaz 10G (módulo SFP + disponible por separado). Utiliza la misma CPU Tiler de 36 núcleos que nuestro otro modelo CCR1036 y ofrece el mismo rendimiento, pero ahora son posibles diez enlaces gigabit. El dispositivo viene en una caja de montaje en rack de 1U, tiene dos puertos SFP +, ocho puertos Ethernet Gigabit y un puerto de consola serie. Tiene 8GB de RAM incorporados, con entrada para M2 y adaptador USB PSU dual para redundancia, además, admite módulos SFP (1.25G) y SFP + (10G). La descripción técnica se aprecia en la Tabla 14-2:

**Tabla 14-2:** Características Técnicas Router CCR1036 8G 2S

Descripción	Detalle
-------------	---------

Código de producto	CCR1036-8G-2S + EM
Arquitectura	LOSETA
UPC	TLR4-03680
Recuento de núcleos de CPU	36
Frecuencia nominal de la CPU	1,2 GHz
Dimensiones	443 x 193 x 44 mm
Licencia de RouterOS	6
Sistema operativo	RouterOS
Tamaño de RAM	8 GB
Tamaño de almacenamiento	1 GB
Tipo de almacenamiento	NAND
MTBF	Aproximadamente 200.000 horas a 25 ° C
Temperatura ambiente probada	-20 ° C hasta 60 ° C
Aceleración de hardware IPsec	Sí
Precio sugerido	\$ 1295,0

Fuente: (Mikrotik, 2021e, p.1)

### 2.13. Especificaciones técnicas de los equipos

Se realizará una comparación del equipo OLT de los fabricantes de Huawei y Furukawa ya que son los más mencionados en el mercado de las Telecomunicaciones a continuación se da a conocer sus respectivas características.

#### a) OLT (Terminal de línea óptica)

OLT es un terminal de línea óptica. Un dispositivo terminal para conectar un tronco de fibra, es un dispositivo de oficina central importante y se puede conectar al *Switch* frontal (capa de agregación) mediante un cable de red y convertirlo en una señal óptica. La fibra óptica única está interconectada con el divisor óptico en el extremo del usuario. Se implementan el control, la gestión y el alcance desde la ONU del equipo de usuario. Y al igual que el dispositivo de la ONU, es un dispositivo integrado fotoeléctrico (Huawei, 2019, p. 1). En la Tabla 15-2 se especifica las características del equipo OLT de los dos fabricantes.

**Tabla 15-2:** Características de la OLT

Características generales de Huawei y Furukawa		
	OLT MA5608T	OLT FK-C2-RADC
Características generales	Huawei	Furukawa
Dimensiones	442 mm x 233.5 mm x 88 mm	220 x 4 x 130,5 mm
Tipo de conector	SC/APC	SC-UPC
Longitud de onda	Tx: 1490nm Rx: 1310nm	Tx: 1490nm Rx: 1310nm
Tasa de transmisión de subida	1.25 Gbps	1,25 Gbps

Tasa de transmisión de bajada	2.48 Gbps	1,25 Gbps
Potencia Óptica de recepción	-28 dBm -8dBm	-27 dBm -6dBm
Potencia Óptica de transmisión	1.5 dBm a 7 dBm	3.5 dBm 7dBm
Relación de división máxima	1:128	1:64
Tipo de conector	SC/APC	SC-UPC
Número de usuarios	1024	1024

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

El equipo OLT con mejores características es de la empresa Huawei como: el número de usuarios, la relación de división máxima y la tasa de transmisión ya que cumple con la normativa G.984.2. en el Anexo F se indica las características técnicas del equipo.

### b) ONT

Son dispositivos del lado del usuario. En esencia, no hay diferencia, pero si son distintos, el contraste se puede apreciar en el nombre: ONT es el terminal de red óptica y se aplica al usuario final, y ONU se refiere a la unidad de red óptica, que es el usuario final. Puede haber otras redes en el medio. Para un ejemplo simple, en una celda, la ONT es un dispositivo ubicado directamente en la casa del usuario, y la ONU puede colocarse en el corredor, y cada usuario está conectado a la ONU a través de un dispositivo como un *Switch* (Huawei, 2019, p. 1). En la Tabla 16-2, se especifica las características técnicas del mismo proveedor de la OLT ya que deben ser compatibles.

**Tabla 16-2:** Detalles técnicos del equipo ONT

Características Generales	ONT HG850a
	
Relación de división	1 a 64
	Downstream = 1490 nm Upstream = 1310 nm RF video= 1550nm
Aplicaciones	Usuario residencial y de pequeñas empresas
Clase	B+ -27 dBm
Puerto GPON	1 Puerto SC/APC
Tasa de transmisión	Downstream: 2.48 Gbps      Upstream: 1.24 Gbps

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

### c) Micro PLC Splitter

Son dispositivos de distribución de energía óptica y de guía de onda que pueden contener una o múltiples entradas, como también salidas. La función de los *Splitters* de fibra óptica es dividir un haz de luz en dos o más haces de luz. Estos dispositivos son muy importantes a la hora de construir una red óptica pasiva (como EPON, GPON, BPON, FTTH, etc.). Un *splitter* de fibra óptica puede venir diseñado para tener varias salidas como pueden ser 1:2, 1:4, 1:8, etc. Y sus características son presentadas en la Tabla 17-2.



**Figura 19-2:** Micro PLC Splitter

Fuente: (Xfibers, 2022, p.1)

**Tabla 17-2:** Características generales del Micro PLC Splitter

<b>Características Micro PLC Splitter</b>						
<b>Empresa</b>	XyFibers					
<b>Rango de Temperatura de Funcionamiento</b>	-40°C to 85°C					
<b>Tecnología de fabricación</b>	PLC					
<b>Potencia de entrada óptica Max.</b>	300 mW					
<b>Relación de división</b>	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
<b>Perdida de inserción (dB) Máx.</b>	3.8	7	10.2	13.3	16.5	19.8
<b>Tipo de conector y pulido</b>	FC/APC	FC/UPC	SC/APC	SC/UPC	LC/APC	LC/UP
<b>Longitud de onda</b>	1490, 1310 y 1550					
<b>Directividad (dB)</b>	>55					
<b>Pérdidas de retorno (dB)</b>	<55					

Fuente: (Xfibers, 2022, p.1)

#### d) Cajas de distribución óptica

Caja de distribución óptica interna utilizada para derivación de cables ópticos en ambiente interno típicamente de edificios (FTTA). Con capacidad de 12 fibras por caja en una bandeja articulada, puede ser utilizado en redes ópticas prediales (FTTA / MDU), trabaja con fusión (Furukawatam, 2022, p. 1). La Tabla 18-2 muestra las características de distribución óptica.

**Tabla 18-2:** Características generales de la caja de distribución óptica

<b>Características técnicas</b>	
Capacidad	24 hilos
Dimensión (mm)	175x285x127
PLC Splitter	1:8, 1:16
Número de adaptadores	16
Temperatura de Operación	-25-+75
Tipo de conectorización y pulido	SC /APC
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo
Número de bandejas de empalme	1 bandeja cada bandeja consta de 24 empalmes

Realizado por: Quihui Luis, 2022

#### e) Roseta óptica

La roseta óptica es utilizada en la red FTTH. Cumple con las normas y estándares de Telecomunicaciones. El modelo está adecuado para ser instalado en el terminal interior del cliente proporcionando seguridad a la interconexión de la fibra óptica. Su estructura permite la entrada y salida de diferentes modelos de fibra óptica e incluye una copa SC/APC. Para conectar los equipos a la roseta (Tradeisay, 2022, p. 1).

En la Tabla 19-2 se especifican las características de la roseta óptica ya que está diseñada para adaptadores tipo SC/APC.

**Tabla 19-2:** Características técnicas de la roseta óptica

<b>Características técnicas</b>	
Dimensiones	105x82x22mm.

Tipo de conector y pulido	SC/APC
Material de construcción	PC- ABS
Ambiente de instalación	Terminal interior del cliente
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo

Realizado por: Quihui Luis, 2022

#### f) Pigtail FO

El *pigtail* es un cable de fibra óptica con un extremo terminado con un conector instalado de fábrica y con el otro extremo sin terminar. Por lo tanto, el extremo del conector puede ser conectado al equipo mientras que el otro extremo se puede integrar a los cables de fibra óptica. Los *pigtails* se utilizan para terminar los cables de fibra óptica mediante fusión o empalme mecánico (Community, 2021, p.1). En la Tabla 20-2 se aprecia las características del *Pigtail* FO.

**Tabla 20-2:** Características técnicas Pigtail FO

Características técnicas	
Dimensiones	1500×0,9mm
Tipo de conector y pulido	SC/APC
Material de construcción	PC- ABS
Ambiente de instalación	Terminal interior del cliente
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo

Realizado por: Quihui Luis, 2022

#### g) Patch cord de Fibra

Es un cable de fibra óptica de corta longitud (usualmente entre 1 y 30 mts) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex (una sola fibra) o *duplex* (2 fibras) aunque pueden presentarse arreglos multifibra. Los cordones de fibra pueden interconectar directamente dos equipos activos, conectar un equipo activo a una caja pasiva (ODF) o interconectar dos cajas pasivas conformando en este caso un sistema administrable de cableado (*Cross Connect*) (Optitelsrl, 2022, p. 1). En la Tabla 21-2 se muestra las características de *Patch cord* de fibra.

**Tabla 21-2:** Características técnicas Patch cord de Fibra

Características técnicas	
Dimensiones	3000×0,2mm
Tipo de conector y pulido	SC/APC
Material de construcción	PC- ABS
Ambiente de instalación	Terminal interior del cliente
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

#### **h) Fibra óptica de 48 hilos**

Cable de Fibra Óptica ADSS de 48 hilos para exteriores, SPAN de 100 metros, es fabricado mediante tubos holgados de PBT, con relleno de gel como bloqueador de agua, forro de PE y una cubierta de aramida para dar el auto soporte al cable. Elemento central dieléctrico de FRP. Diseñado para instalaciones aéreas y en ducto (Sbetech, 2022, p. 1). En la Tabla 22-2 se indica las características técnicas de la fibra Óptica de 48 hilos.

**Tabla 22-2:** Fibra Óptica ADSS de 48 hilos

Características técnicas	
Dimensiones	500-1500m
Tipo de conector y pulido	SC/APC
Material de construcción	PBT
Ambiente de instalación	Exteriores
Tipo de fibra	Monomodo y Multimodo

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

## CAPITULO III

### 3. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

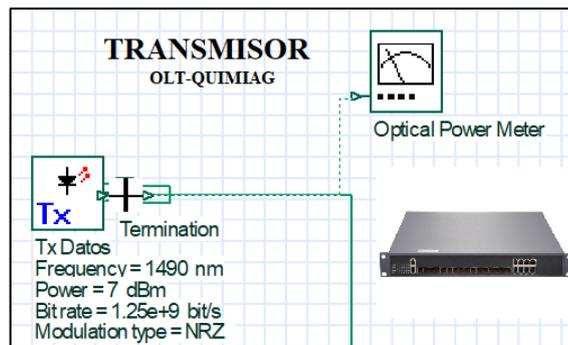
En este capítulo se analizó los resultados del simulador con los cálculos teóricos que se realizó en el capítulo anterior.

#### 3.1. Simulación de la red

Se utilizó el software *Optysistem* 18.0 para la simulación de la red GPON y de esta forma comprobar el comportamiento de transmisión entre los usuarios más cercanos y alejados de la OLT, mediante las gráficas que se muestra en los analizadores y visualizadores de la señal recibida. La red GPON consta de tres partes que son: OLT, ODN y ONU para crear el equipo de la OLT se formó un subsistema a continuación de desarrolla cada parte de la red.

#### 3.2. Descripción de la OLT

La OLT es el equipo que se encuentra en la oficina central, tiene interfaces con IP/MPLS, NGN, servidores IPTV, etc. Cada puerto PON es capaz de alimentar un máximo de 64 clientes. Las tarjetas GPON generalmente tienen 8 puertos PON (cada puerto alimenta 64 clientes). Se configura la OLT para que transmita información de datos o internet, guiándonos en las características de la OLT MA5600T de la empresa HUAWEI que se puede observar en la Tabla 15-2, utilizada para el diseño e implementación de la red: La Figura 1-3 muestra la configuración del transmisor con una longitud de onda de 1490 nm para voz y datos y se configura los parámetros como: la potencia del equipo y que la velocidad de transmisión esté acorde a la establecido por el estándar G. 984.2 con una modulación que es NRZ (no retorno a cero) que se encarga de generar una señal codificada de no retorno a cero o igual.

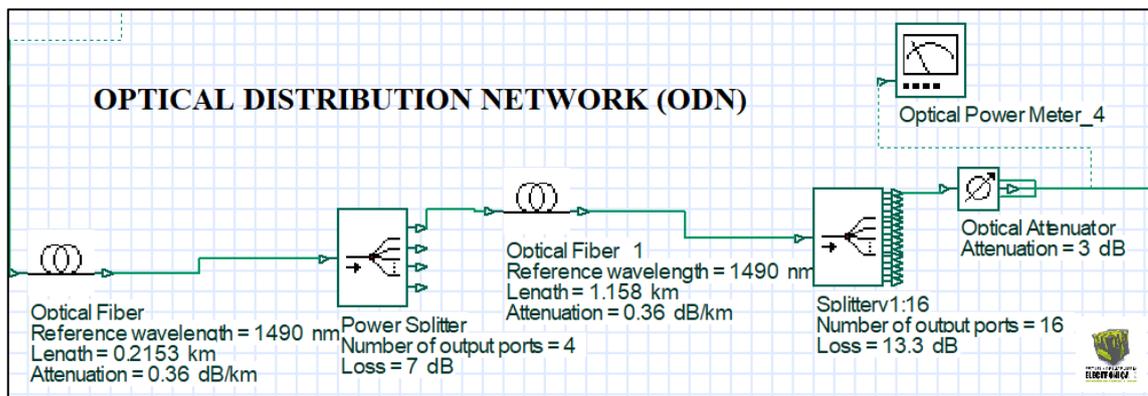


**Figura 1-3:** Elementos del transmisor de la OLT ubicada en la parroquia Quimiag

Realizado por: Quihui Luis, 2022

### 3.3. Descripción de la ODN

La ODN o red óptica de distribución está conformada por una serie de *Splitters* y NAPs ubicadas en lugares estratégicos de la parroquia Quimiag que serán utilizados para llegar a los usuarios finales. En la Figura 2-3 se observa cómo está conformada una red de distribución derivada de la red Feeder 1, la misma que llega al usuario más lejano. Está conformada por una fibra óptica en la cual se configura la distancia, las pérdidas por dB/Km, la longitud de onda que equivale a 1490 nm siendo la más alta en este tipo de fibra. También está conformado por dos *Splitters*, en el cual se debe configurar el número de puertos a utilizar. Para el diseño se usa un *splitter* de 1:4 con atenuación de 7 dB y también conexiones de 1:16 con una atenuación de 13.3 dB, la red final tendrá un total de 7 redes de distribución derivadas de 3 redes troncales o redes *Feeder*, también tendrá un total de 27 cajas distribuidas a lo largo de la zona urbano rural de la parroquia Quimiag como muestra la Figura 16-2 dentro de cada NAP se encuentra sus respectivos *Splitters* de 1:16.

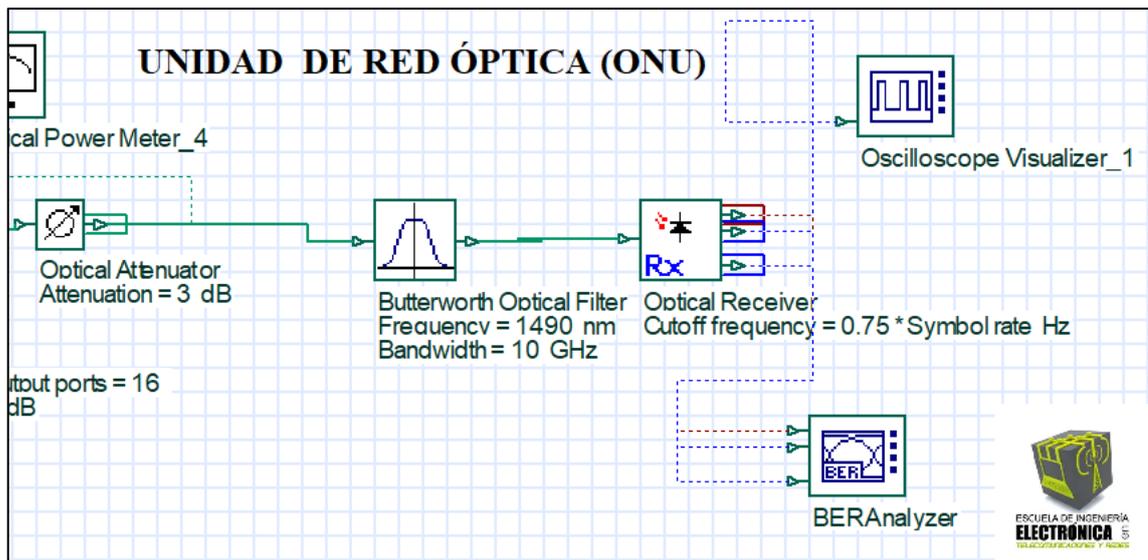


**Figura 2-3:** ODN (Red de distribución óptica)

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

### 3.4. Descripción de la ONU

La Figura 3-3 muestra la configuración del receptor de una red GPON, el cual consta de un filtro *Butterworth* a la frecuencia de 1490 nm. Para poder filtrar la señal que llega de manera más eficiente, tenemos un *Optical Receiver* ideal para la recepción de señal PON, el cual trae integrado un Fotodiodo que se encarga de transformar la onda óptica a eléctrica enviada desde la OLT, un filtro pasa por abajo y elimina el ruido que se transmite por la línea debido a las altas frecuencias a las que se transmite. Además, tiene un generador de señales que permite recuperar la señal de entrada, también se tiene los analizadores para obtener las respuestas de salida, como son el osciloscopio para las señales eléctricas y un analizador de error de Bit.



**Figura 3-3** ONU (Unidad de red óptica)

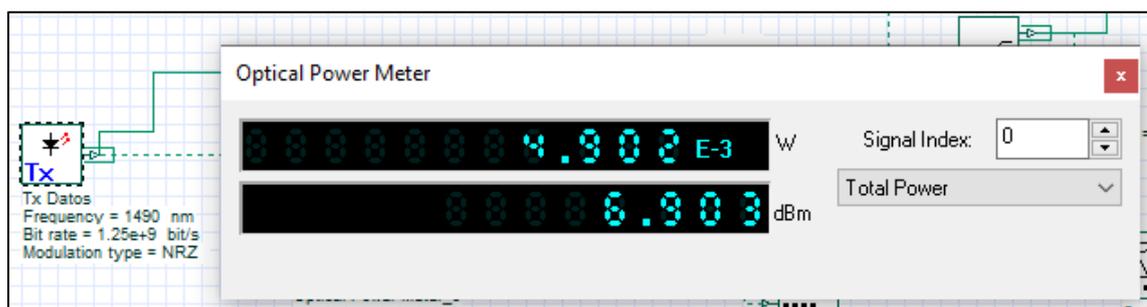
Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

### 3.5. Resultados obtenidos

Los resultados inician con el análisis de la potencia, misma que, es enviada desde la OLT hacia la ONU que se encuentra en el usuario final. Aquí, se examina los valores más altos, así como los más bajos y es a través del Diagrama de OJO que se estudian los datos, para posteriormente realizar la valoración de la calidad de transmisión que se da al usuario más lejano y al más cercano.

#### a) Potencia de la salida de la OLT

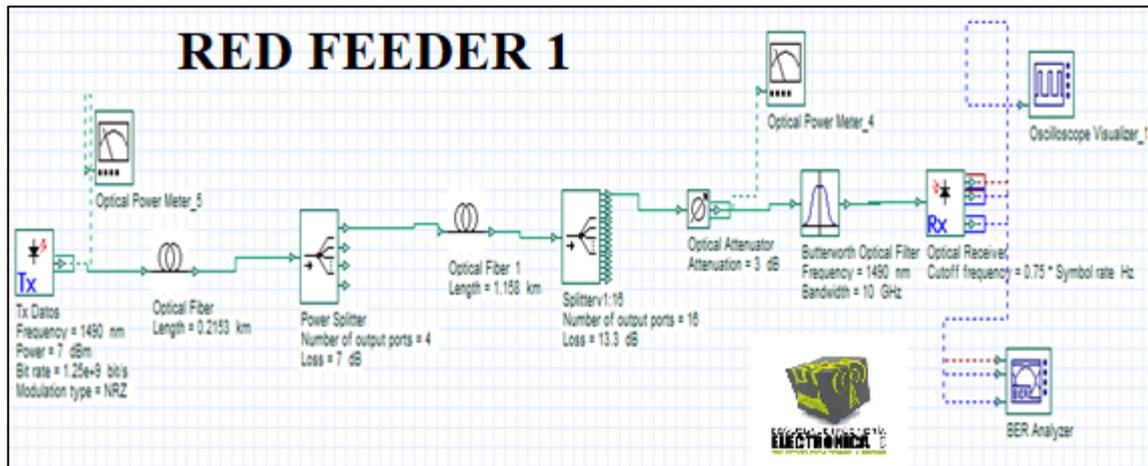
La Figura 4-3, muestra la potencia de transmisión desde la ONT hacia la ONU, la misma que es de 6.903 dBm y esta dentro de los parámetros que soporta la OLT ocupada para el diseño de la red e implementación de esta, esta característica se puede verificar en la Tabla 7-3 definida en el capítulo anterior. Además, se puede añadir que para las tres redes principales que salen de la OLT se ocupara la misma potencia de transmisión.



**Figura 4-3:** Potencia de salida de la OLT

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

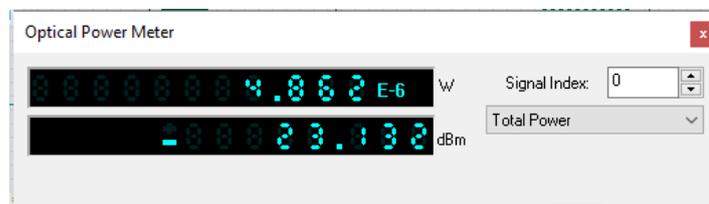
b) Potencia de llegada a la ONU del usuario más lejano Red Feeder 1



**Figura 5-3:** Red Completa desde la ONT hasta de la ONU del usuario más lejano de la Reed Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Figura 5-3 se observa el diseño completo de la red por donde recorre la señal PON, pasando por distintos equipos como los *Splitters* para llegar a su destino final que será la ONU. Mientras que, el Figura 6-3 se puede observar la potencia recibida en la ONU más alejada de esta red diseñada es de -23.132 dBm al comparar este valor real con el teórico de -22.004 dBm se tiene una diferencia de -1,128 dBm. Por lo tanto, está dentro del rango de la sensibilidad de potencias que es -28 dBm. Recomendado en la IUT-T G.984 que pertenece a la GPON Clase B+ utilizada para el diseño de la red.



**Figura 6-3:** Potencia de llegada al usuario más lejano de la red Feeder 1

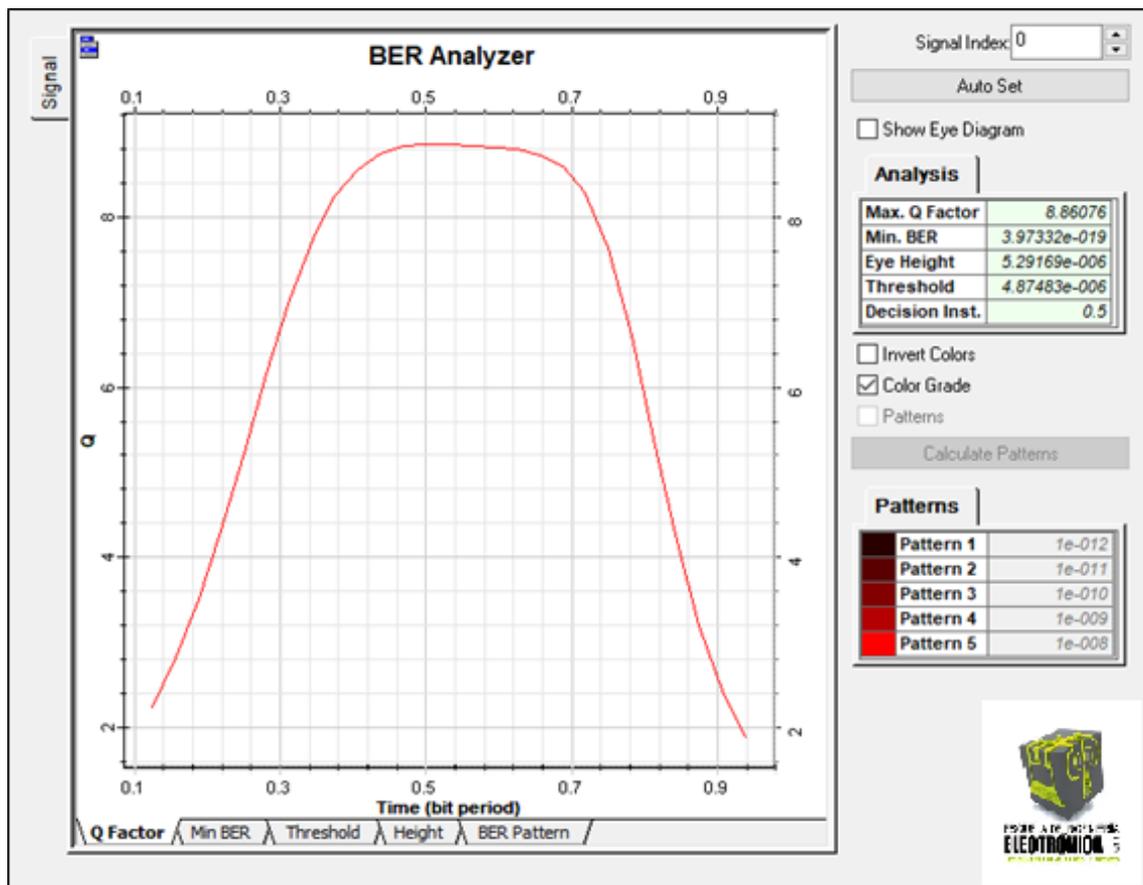
Realizado por: Quihui Luis, 2022

### c) Factor Q y BER

Se indica los resultados mediante el analizador BER (*Bit Error Rate*) ya que se utiliza para determinar el parámetro BER de un enlace óptico, el Factor Q debe ser igual o mayor a 6 que está establecido en la norma ITU-T G.984.2 y la tasa de *bit* errados debe ser igual o menor a  $1 \times 10^{-10}$ .

### d) Factor Q del usuario más lejano de la red Feeder 1

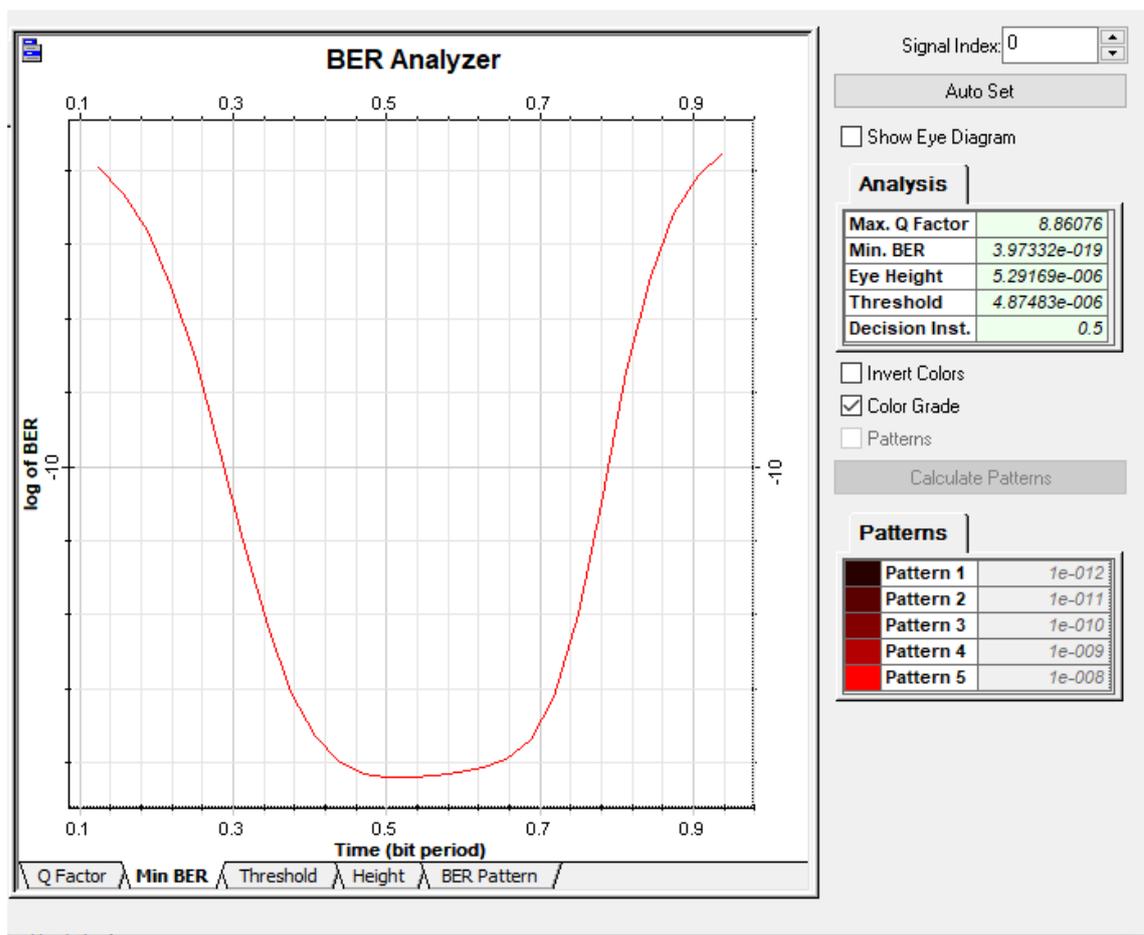
En la Figura 7-3 se observa que el factor de calidad (Q) en la ONU, obtenida mediante el analizador BER que tiene el simulador, que da un resultado de 8.86076, el cual supera y cumple con la normativa ITU-T G.984.2 que pertenece a la GPON Clase B+ utilizada para el diseño de la red y mencionada anteriormente, con lo cual se puede decir que tendrá un buen funcionamiento.



**Figura 7-3:** Facto Q del usuario más lejano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Figura 8-3 se observa la gráfica y los valores obtenidos del mínimo BER de la red del usuario más lejano con un valor de  $3.973 \times 10^{-19}$  el cual es menor al valor estipulado por la normativa ITU-T G.984.2 por lo que se puede decir que, cumple con el parámetro establecido anteriormente.



**Figura 8-3:** Mínimo BER del usuario más lejano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

La Figura 9-3 muestra el diagrama de ojo del usuario más lejano de la primera red *Feeder* diseñada. Este diagrama combina los parámetros de Factor Q, mínimo BER, *Threshold*, *Height* y BER *Parttern* en un determinado tiempo, donde nos proporcionará información sobre si el enlace será transmitido de manera eficiente o no. El factor de calidad es analizado en el punto 0.5 *bit* posee una mayor incidencia de transmisión, este indica que la red diseñada es valedera, ya que se transmitirá la información de manera eficiente hacia el usuario y viceversa.

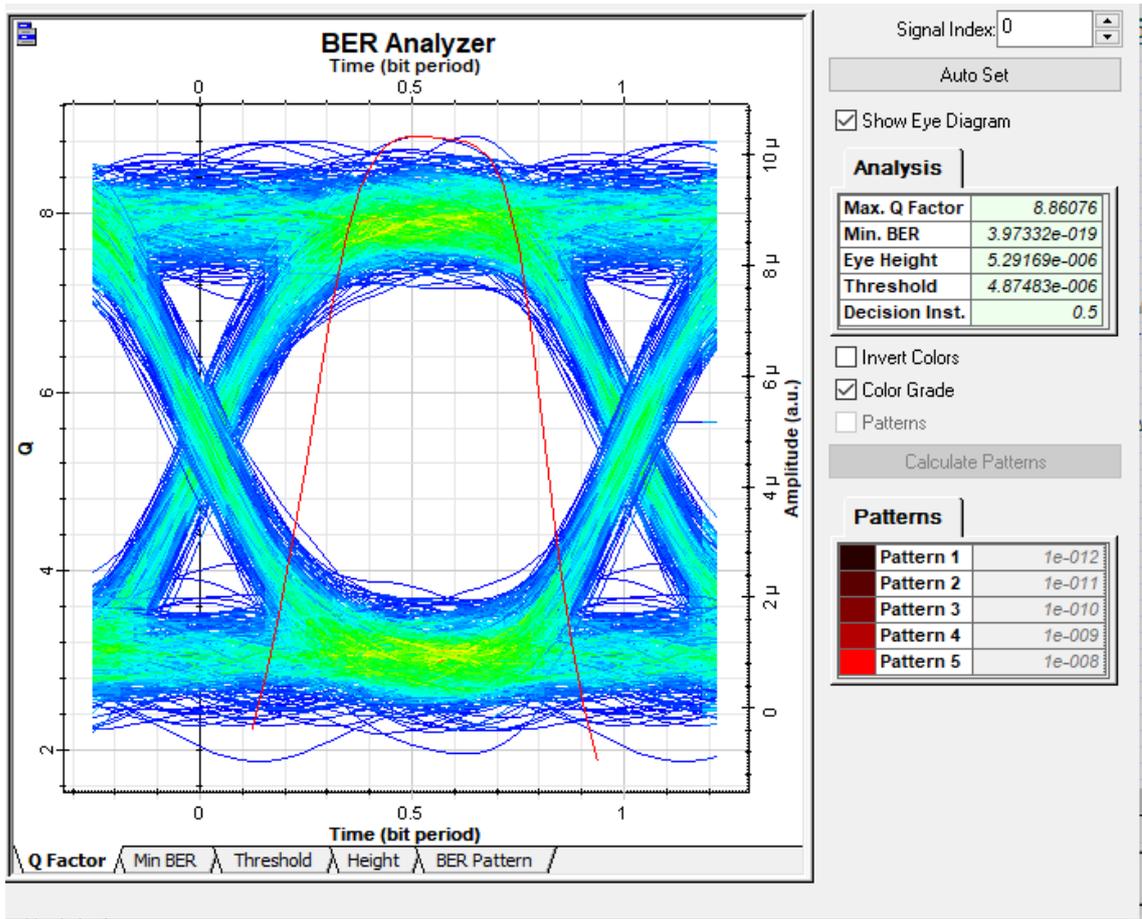


Figura 9-3: Diagrama de ojo del usuario más lejano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

e) Potencia llegada a la ONT del usuario más cercano de la red Feeder 1

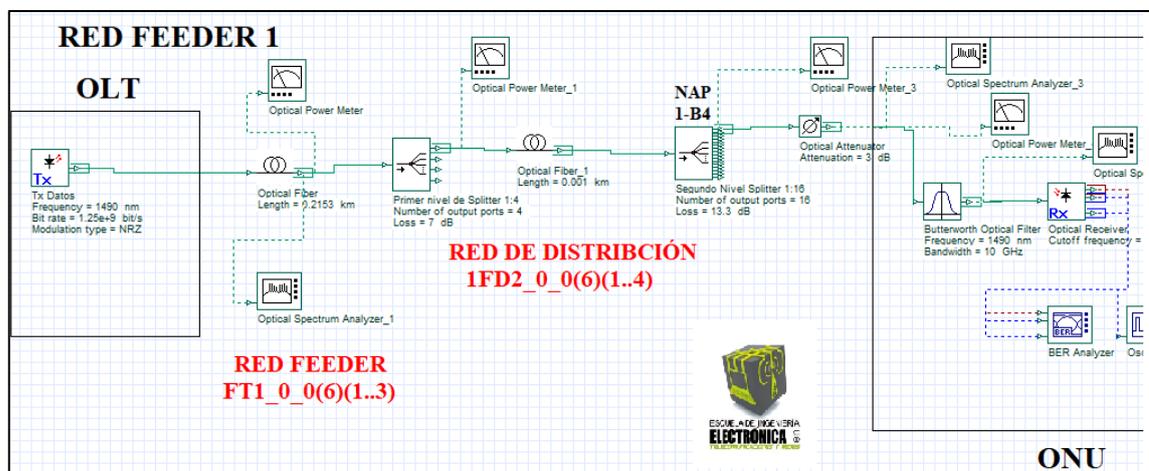
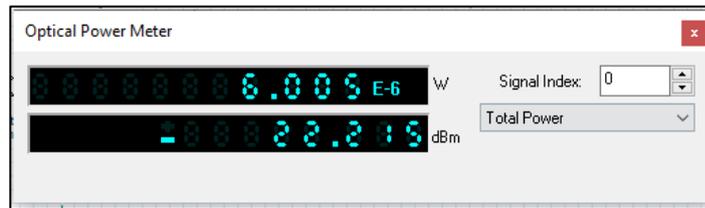


Figura 10-3: Red Completa desde la ONT hasta de la ONU del usuario más cercano de la Reed Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Figura 10-3 se observa el diseño completo de la red por donde recorre la señal PON del usuario más cercano, pasando por los distintos niveles de *Splitteo* para llegar a su destino final que será la ONU. Mientras que el Figura 11-3 se puede observar la potencia recibida en la ONU más cercana de la red diseñada es de -22.215 dBm al comparar este valor real con el teórico de -21.577 dBm se tiene una diferencia de -0,638 dBm. Por lo tanto, está dentro del rango de la sensibilidad de potencias que es -28 dBm, recomendado en la IUT-T G.984 que pertenece a la GPON Clase B+ utilizada para el diseño de la red.

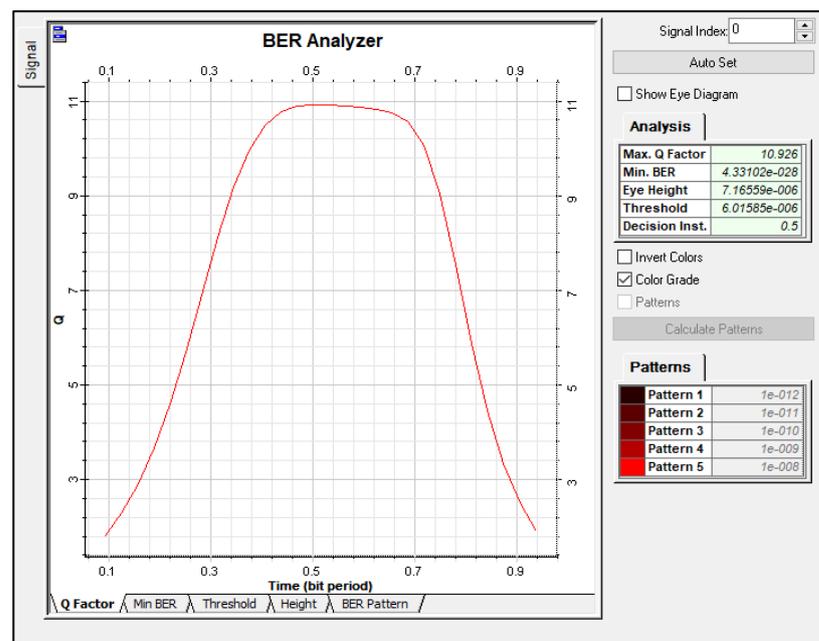


**Figura 11-3:** Potencia de llegada al usuario más cercano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

#### f) Factor Q del usuario más cercano de la Red Feeder 1

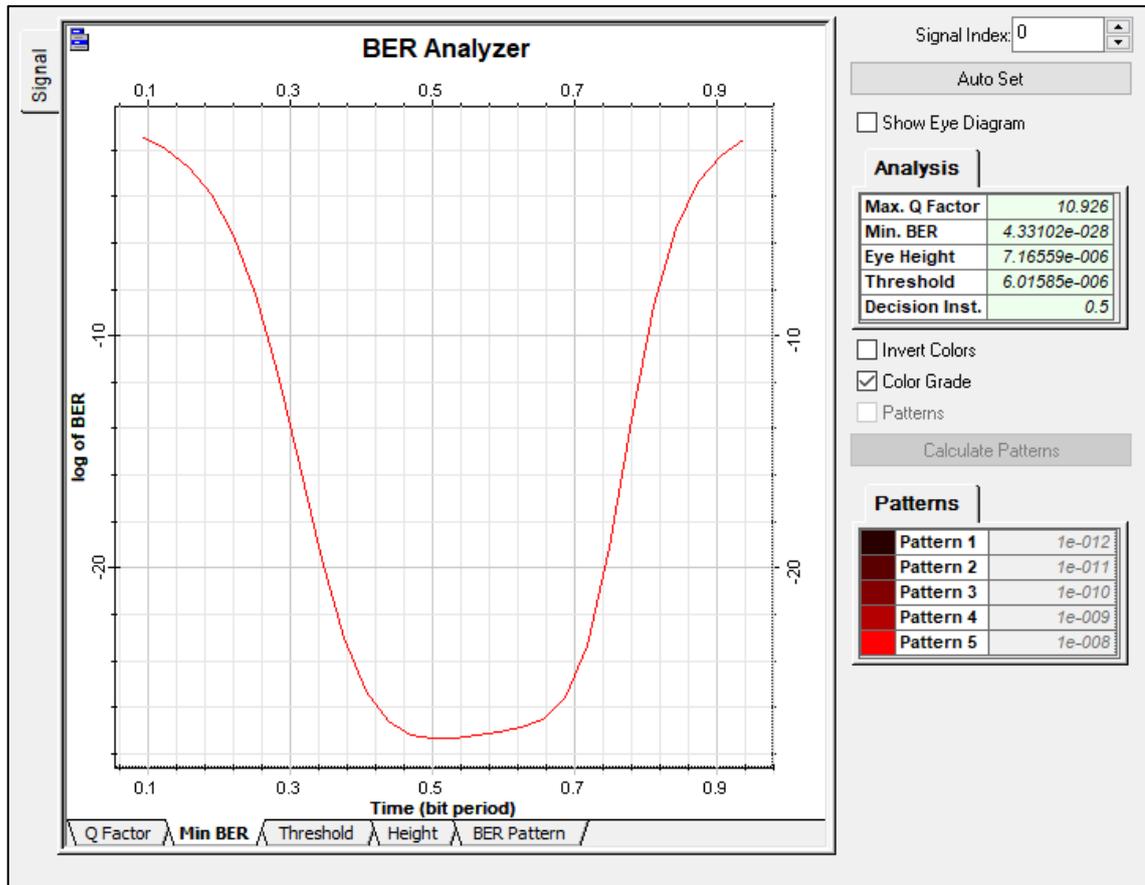
En la Figura 12-3 se observa que el factor de calidad (Q) en la ONU, obtenida a través del analizador BER que tiene el simulador, da un valor de 10.926, el cual supera y cumple con la normativa ITU-T G.984.2 que pertenece a la GPON Clase B+ utilizada para el diseño de la red y mencionada anteriormente con lo cual se puede mencionar que, tendrá un buen funcionamiento.



**Figura 12-3:** Factor Q del usuario más cercano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

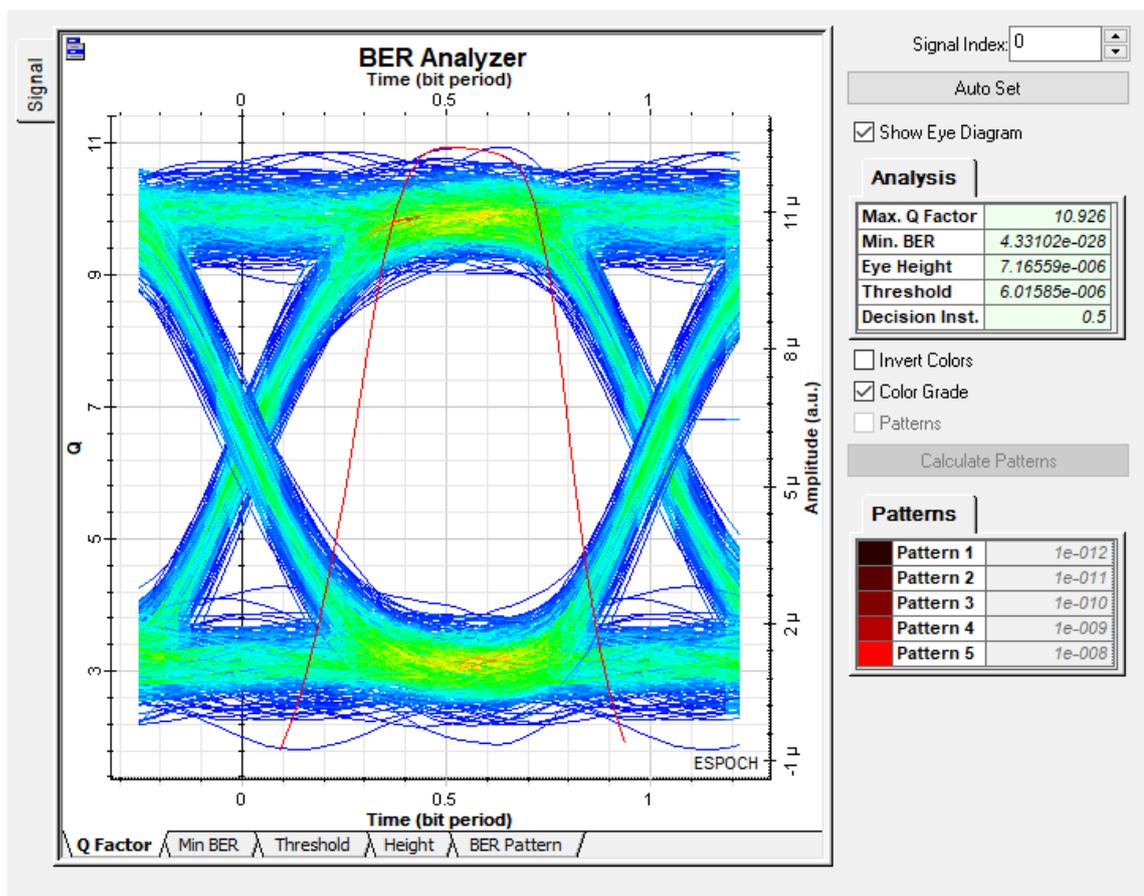
En la Figura 13-3 se observa la gráfica y los valores obtenidos del mínimo BER de la red del usuario más cercano a la OLT con un valor de  $4.3310 \times 10^{-28}$  el cual es menor al valor estipulado por la normativa ITU-T G.984.2, por lo que se puede asegurar que, cumple con el parámetro establecido anteriormente.



**Figura 13-3:** Mínimo BER del usuario más cercano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihui Luis, 2022

La Figura 14-3 muestra el diagrama de ojo del usuario más cercano de la primera red *Feeder* diseñada. Este diagrama combina los parámetros de Factor Q, mínimo BER, *Threshold*, *Height* y BER *Parttern* en un determinado tiempo, donde nos proporcionará información sobre si el enlace será transmitido de forma eficiente o no. El factor de calidad es analizado en el punto 0.5 *bit* posee una mayor incidencia de transmisión e indica que la red diseñada es valedera, ya que se transmitirá la información de manera eficiente hacia el usuario y viceversa.



**Figura 14-3** Diagrama de ojo del usuario más cercano de la red Feeder 1

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

### 3.6. Costo de Inversión

Se detalla los costos de inversión de la Red *Feeder*, Red de Distribución y de la Red de Dispersión.

#### a) Inversión para la red troncal o Red Feeder 1

En la Tabla 1-3 se indica los precios de los equipos para la red *Feeder* 1:

**Tabla 1-3:** Inversión de la Red Feeder

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
OLT MARCA Huawei SERIE MAT5600T	1	\$ 3.660	<b>\$ 3.660</b>
Mangas porta Splitters	2	\$ 425	<b>\$ 850</b>
Herraje de dispersión para poste	20	\$ 4.51	<b>\$ 90.20</b>
Cable aéreo de 48 hilos monomodo G.652.D	500 m	\$ 6	<b>\$ 3000</b>

Colocación Splitters ¼	3	\$ 15	<b>\$ 45</b>
<b>Total, de la red Feeder</b>			<b>\$ 7645.20</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 2-3 se indica los costos para la red Distribución:

**Tabla 2-3:** Inversión de la Red Distribución

<b>Equipos y materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Caja de distribución aérea NAP de 16 puertos SC/APC	12	\$ 44.50	<b>\$ 534</b>
Cable aéreo ADSS de F.O monomodo de 48 hilos G652.D (vanos)	1 vanos	\$ 300	<b>\$ 300</b>
Splitter 1:16	12	\$ 16.20	<b>\$ 194.4</b>
<b>Total, de la red Distribución</b>			<b>\$ 1028.4</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 3-3 se indica los costos para la red Dispersión:

**Tabla 3-3:** Inversión de la Red Dispersión

<b>Unidad de planta</b>	<b>Cantidad Total</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Cable G.657A1 Drop 2 hilos (vano)	1	\$ 150	<b>\$150</b>
Roseta óptica	192	\$ 9	<b>\$ 1728</b>
Pigtail SC/PC monomodo	192	\$1.60	<b>\$ 307.20</b>
<b>Total, de la red Dispersión</b>			<b>\$ 2185.20</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 4-3 se indica el total de inversión de la red Feeder 1:

**Tabla 4-3:** Inversión total red Feeder 1

Red Feeder	\$ 7645.20
Red de Distribución	\$ 1028.4
Red de Dispersión	\$ 2185.20
<b>Total</b>	<b>\$ 10858.8</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

#### **b) Inversión para la red Feeder 2**

En la Tabla 5-3 se indica los precios de los equipos para la red *Feeder 2*:

**Tabla 5-3:** Inversión de la Red Feeder

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
Mangas porta Splitters	2	\$ 425	<b>\$ 850</b>
Herraje de dispersión para poste	10	\$ 4.51	<b>\$ 45.1</b>
Cable aéreo de 48 hilos monomodo G.652.D	300 m	\$ 6	<b>\$ 1800</b>
Colocación Splitters ¼	2	\$ 15	<b>\$ 30</b>
<b>Total, de la red Feeder</b>			<b>\$ 2725.1</b>

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Tabla 6-3 se indica los costos para la red Distribución

**Tabla 6-3:** Inversión de la Red Distribución

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
Caja de distribución aérea NAP de 16 puertos SC/APC	8	\$ 44.50	<b>\$ 356</b>
Cable aéreo ADSS de F.O monomodo de 48 hilos G652.D (vanos)	1 vanos	\$ 300	<b>\$ 300</b>
Splitter 1:16	8	\$ 16.20	<b>\$ 129.6</b>
<b>Total, de la red Distribución</b>			<b>\$ 785,6</b>

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Tabla 7-3 se indica los costos para la red Dispersión:

**Tabla 7-3:** Inversión de la Red Dispersión

Unidad de planta	Cantidad Total	Precio Unitario	Total
Cable G.657A1 Drop 2 hilos (vano)	1	\$ 150	<b>\$150</b>
Roseta óptica	128	\$ 9	<b>\$ 1552</b>
Pigtail SC/PC monomodo	128	\$1.60	<b>\$ 204.8</b>
<b>Total, de la red Dispersión</b>			<b>\$ 1906.8</b>

Realizado por: Quihui Luis, 2022

En la Tabla 8-3 se indica el total de inversión de la zona 1:

**Tabla 8-3:** Inversión total red Feeder 2

Red Feeder	\$ 2725.1
Red de Distribución	\$ 785,6
Red de Dispersión	\$ 1906.8
<b>Total</b>	<b>\$ 5417.5</b>

Realizado por: Quihui Luis, 2022

### c) Inversión para la red Feeder 3

En la Tabla 9-3 se indica los precios de los equipos para la red Feeder:

**Tabla 9-3:** Inversión de la Red Feeder

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
Mangas porta Splitters	1	\$ 425	<b>\$ 425</b>
Herraje de dispersión para poste	10	\$ 4.51	<b>\$ 45.1</b>
Cable aéreo de 48 hilos monomodo G.652.D	500 m	\$ 6	<b>\$ 3000</b>
Colocación Splitters ¼	2	\$ 15	<b>\$ 30</b>
<b>Total, de la red Feeder</b>			<b>\$ 3500.1</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 10-3 se indica los costos para la red Distribución:

**Tabla 10-3:** Inversión de la Red Distribución

Equipos y materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
Caja de distribución aérea NAP de 16 puertos SC/APC	8	\$ 44.50	<b>\$ 356</b>
Cable aéreo ADSS de F.O monomodo de 48 hilos G652.D (vanos)	1 vanos	\$ 300	<b>\$ 1323.5</b>
Splitter 1:16	8	\$ 16.20	<b>\$ 129.6</b>
<b>Total de la red Distribución</b>			<b>\$ 1809.1</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 11-3 se indica los costos para la red Dispersión

**Tabla 11-3:** Inversión de la Red Dispersión

Unidad de planta	Cantidad Total	Precio Unitario	Total
Cable G.657A1 Drop 2 hilos (vano)	1	\$ 150	<b>\$150</b>
Roseta óptica	128	\$ 9	<b>\$ 1552</b>
Pigtail SC/PC monomodo	128	\$1.60	<b>\$ 204.8</b>
<b>Total de la red Dispersión</b>			<b>\$ 1906.8</b>

Realizado por: Quihuiri Luis, 2022

En la Tabla 12-3 se indica el total de inversión de la zona 3:

**Tabla 12-3:** Inversión total de red Feeder 3

Red Feeder	\$ 3500.1
Red de Distribución	\$ 1809.1
Red de Dispersión	\$ 1906.8
<b>Total</b>	<b>\$ 7216</b>

**Realizado por:** Quihuirí Luis, 2022

En la Tabla 13-3 se da a conocer el costo total de las tres zonas:

**Tabla 13-3:** Inversión total de la red GPON en Quimiag

Red Feeder 1	<b>\$ 10858.8</b>
Red Feeder 2	<b>\$ 5417.5</b>
Red Feeder 3	<b>\$ 7216</b>
<b>Total</b>	<b>\$23492.3</b>

**Realizado por:** Quihuirí Luis, 2022

El presupuesto final para la construcción de la red diseñada en la Parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba tendrá un costo total aproximado de \$ 23493.3, que será financiado por el proyecto CEDIA y SKYLIFE internet.

### **3.7. Implementación de la red**

#### **a) Construcción de la oficina central o OLT en la parroquia de Quimiag.**



**Figura 15-3:** Edificación donde se encuentra la oficina central en Quimiag.

Realizado por: Quihui Luis, 2022



**Figura 16-3:** Implementación de OLT en Quimiag.

Realizado por: Quihui Luis, 2022



**Figura 17-3:** Preparación de la fibra óptica de 48 hilos para insertar en la OLT.

Realizado por: Quihui Luis, 2022



**Figura 18-3:** OLT-Quimiag, implementada y en funcionamiento.

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

La figura 18-3, nos muestra equipos como la OLT MA5600T de la empresa HUAWEI, un MIKROTIK, un router y fuentes de alimentación, todos estos equipos forman la oficina central de Quimiag, esto se logro a partir de la implementación de la OLT como nos muestra la figura 17-3, con la unión de fibra óptica de 48 hilos que se utilizo para implementar la red como muestra la figura 16-3, mientras que la figura 15-3 nos muestra el lugar donde están ubicados todos los equipos necesarios que integran la oficina central en la parroquia Quimiag, que esta ubicada en las calles C.6 y la calle L según el mapa cartográfico obtenido en el GAD de la parroquia.

#### **b) Tendido de fibra y Colocación de NAPs**



**Figura 19-3:** Tendido de FO del último tramo de la red 1FD3 y la

NAP 1-C1

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022



**Figura 20-3:** Modelo de caja NAPS instaladas en la red de Quimiag.

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022



**Figura 21-3:** Fusión de hilos.

**Realizado por:** Quihui Luis, 2022

La construcción de la red continua con el tendido de la fibra óptica y la colocación de NAPs segundo el diseño realizado con sus equipos debidamente referenciados, este es el proceso mas largo y cansado en la construcción de la red, debido a que la fibra debe ser jalada desde la OLT, hasta su lugar de llegada con mucho precaución y esperando que esta no sufra roturas, la figura 19-3, nos muestra la red tendida, asegura y la colocación de NAP de donde saldrá la fibra para el abonado final, además se puede observar la figura 20-3 que nos muestra como queda colocada una caja a lo largo de la red, además se puede ver en la figura 21-3, uno de los proceso mas utilizados en la implementación de una red pasiva que es la Fusión de hilos.

### c) Clientes



**Figura 22-3:** Equipo instalado al abonado.

**Realizado por:** Quihuiri Luis, 2022

La figura 22-3 muestra el equipo que es ubicado en la vivienda del abonado, a la misma que se llega desde las cajas NAPs mediante hilo de fibra óptica tipo drop, y el equipo final.

## CONCLUSIONES

- Mediante la investigación bibliográfica y descriptiva se logró definir los parámetros técnicos básicos para el diseño e implantación de la red GPON para la Parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba. Con los que se logra garantizar la calidad y cobertura de servicio de internet de en la zona planificada.
- Tras el análisis del presupuesto óptico para los usuarios más lejanos y cercanos a la OLT de la red diseñada se obtuvieron como resultados la atenuación total promedio de los usuarios más lejanos, con un valor de 26.912 dB y para los usuarios más cercano un total de 26.605 dB, con estos valores se obtiene el balance de potencia óptico de recepción para los usuarios más lejanos, con un total de -21.912 dBm y para los más cercanos con un total de -21.605 dBm,
- Para ilustrar mejor los resultados obtenidos mediante el cálculo del presupuesto óptico se analizó y evaluó la simulación de la red Feeder 1 a través del factor Q, el BER y diagrama de ojo del usuario más lejano y cercano donde se obtuvo valores de 10.926 factor Q y  $4.3310 \times 10^{-28}$  BER para el usuario más cercano y para el más lejano el factor Q es de 8.86076 y el BER es de  $3.973 \times 10^{-19}$  lo cual indica que cumplen con la normativa ITU-T G.984.2.
- En cuanto al presupuesto económico, en el presente caso de estudio se ha definido la marca de los materiales que se requerirá utilizar en la implementación de la red GPON en función de su costo unitario, sin embargo, en la práctica no es el único parámetro a tomar en cuenta por lo que se puede concluir que existen otras características tanto o más importantes, las mismas que son por ejemplo, stock en bodegas locales, garantía extendida, soporte técnico, compatibilidad entre marcas, entre otras.
- Gracias a todo lo anterior, se logró determinar la viabilidad del diseño técnico y económico de una red fibra óptica con tecnología GPON para proveer el servicio de internet a la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba.

## RECOMENDACIONES

- Para entregar los informes de aprobación de la red física georreferenciada a la ARCOTEL se recomienda utilizar, el instructivo generado por la ARCOTEL, información obtenida de fuentes verificadas como el INEC, municipios, etc. Además de tener un control absoluto de los elementos que se van a utilizar a lo largo de la red.
- Es recomendable tener la planimetría a una escala de 1:1 y de este modo realizar el diseño con medidas reales, también se debe tener presente al momento de introducir los parámetros que establece cada norma y colocar los equipos en puntos estratégicos para dar servicio de internet a los usuarios.
- En base a los resultados obtenidos en el presente proyecto, se recomienda utilizar valores estipulados en la normativa ITU-T G.984.2, y valores obtenidos desde las características de cada componente para obtener valores reales tanto en los calculados como en los simulados, además para la simulación se debe realizar las conexiones correctas para que no produzca un error al momento de la simulación.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARMENTA FRANCO, Luis David.** *Diseño de una red Backbone por fibra óptica para la interconexión del centro de comunicaciones al área de planeación en las instalaciones de la Gobernación del Magdalena* [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia, Santa Marta Magdalena- Colombia. 2020. pp. 1-92. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/19937/4/2020\\_Dise%c3%b1o\\_%20red\\_%20BACKBONE.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/19937/4/2020_Dise%c3%b1o_%20red_%20BACKBONE.pdf)

**ARCOTEL.** *Boletín estadístico Agencia de Regulación y control de las Telecomunicaciones* [En línea]. 2017 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Marzo-2018\\_f.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Marzo-2018_f.pdf)

**ARGUERO TELLO, Johanna Berenice.** *Análisis comparativo del desempeño de receptores ópticos coherentes y no coherentes para GFDM en redes PON* [En línea] (Tesis de posgrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador. 2018. pp. 1-53. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8917/1/20T01071.pdf>

**ARIAS DE LA CRUZ, Joseph William.** *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar* [En línea] (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Magdalena del Mar- Perú. 2015. pp. 1-70. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7506>

**CASTRO JUAREZ, Cesar Alfredo.** *Diseño e implementación de fibra óptica para la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur* [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Villa El Salvador- Perú. 2019. pp. 1-99. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/539/1/T088A\\_48163373\\_T.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/539/1/T088A_48163373_T.pdf)

**CASTRO RAMÍREZ, Natalia., & RUÍZ LEÓN, Jorge Andrés.** *Estudio de las aplicaciones de las redes PON* [En línea]. 2016 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3217/RuizLeonJorgeAndres2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CIDECAME.** *Características y Usos de los Medios de Red* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [http://cidecama.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro35/213\\_caractersticas\\_y\\_usos\\_de\\_los\\_medios\\_de\\_red.html](http://cidecama.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro35/213_caractersticas_y_usos_de_los_medios_de_red.html)

**COBA PAZ, Juan Fernando.** *Diseño de la red de acceso GPON para el sector del centro histórico del Distrito Metropolitano de Quito* [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito- Ecuador. 2017. pp. 1-101. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14529/1/UPS%20-%20ST003175.pdf>

**COMMUNITY.** ¿Qué es un pigtail (rabillo) de fibra óptica y cómo empalmarlo?. [En línea]. 2021 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-fiber-pigtail-and-how-to-splice-it.html>

**COSTALES, Franco.** Comparación del desempeño de las modulaciones PAM-2, PAM-4 y PAN-8 en la transmisión de datos a alta velocidad en redes PON de nueva generación (NG-PON) [En línea] (Tesis de posgrado). Pontificia universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador. 2020. pp. 1-66. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/18443/Comparacion\\_del\\_desempe%C3%B1o\\_de\\_las\\_modulaciones\\_pam\\_2\\_pam\\_4\\_y\\_pam8\\_Franco\\_Costales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/18443/Comparacion_del_desempe%C3%B1o_de_las_modulaciones_pam_2_pam_4_y_pam8_Franco_Costales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**ECURED.** *Fibra óptica* [En línea]. 2021a [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Fibra\\_%C3%B3ptica](https://www.ecured.cu/Fibra_%C3%B3ptica)

**ECURED.** *Opnet Modeler* [En línea]. 2021b [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Opnet\\_Modeler](https://www.ecured.cu/Opnet_Modeler)

**ESCALLON, Andres., TOLEDO, Alejandro. & BARRIOS, James.** Incidencia de los parámetros que afectan la calidad de la señal óptica en el desempeño de una red metropolitana WDM. *Revista colombiana de tecnologías de avanzada (RCTA)* [en línea], 2008, (Colombia) 2, p. 12-19. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Andres-Escallon->

[Portilla/publication/335395961/figure/fig13/AS:796034716430338@1566800874227/Figura-450-Diagrama-del-Ojo-factor-Q-6-para-la-fibra-SMF-28-a-25-Gbps-Xmax.jpg](https://www.researchgate.net/publication/335395961/figure/fig13/AS:796034716430338@1566800874227/Figura-450-Diagrama-del-Ojo-factor-Q-6-para-la-fibra-SMF-28-a-25-Gbps-Xmax.jpg)

**ETB.** *Manual de usuario Terminal de Red Óptica (ONT)* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://etb.com/mejorainternet/info/docs/NOKIA-I-240W-A.pdf>

**FTTHCPE.** *16 PON GPON OLT* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.ftthcpe.com/gpon-olt/16-PON-GPON-OLT.html>

**FURUKAWALATAM.** *CDOI - Caja de distribución interna óptica.* [En línea]. 2022 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: [https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/cdoi---caja-de-distribucion-interna-optica#:~:text=Caja%20de%20distribuci%C3%B3n%20%C3%B3ptica%20interna,MDU\)%2C%20trabaja%20con%20fusi%C3%B3n.](https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/cdoi---caja-de-distribucion-interna-optica#:~:text=Caja%20de%20distribuci%C3%B3n%20%C3%B3ptica%20interna,MDU)%2C%20trabaja%20con%20fusi%C3%B3n.)

**F5 GLOSSARY.** QoS (calidad de servicio) [En línea]. 2020 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://www.f5.com/es\\_es/services/resources/glossary/quality-of-service-qos](https://www.f5.com/es_es/services/resources/glossary/quality-of-service-qos)

**GARCÍA, Adolfo.** *GPON y GPON Doctor Introducción y Conceptos Generales.* [En línea]. 2014 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

**GÓMEZ, Sergio.** *Metodología de la investigación.* México: Red Tercer Milenio, 2012, pp. 1-88.

**HERNÁNDEZ, Roberto., FERNÁNDEZ, Carlos. & BAPTISTA, María.** *Metodología de la investigación* 5ª ed. México: McGRAW-HILL, 2010, pp. 1-613.

**HUAWEI.** *Aprendiendo los conceptos de OLT, ONU y ONT.* [En línea]. 2019 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/aprendiendo-los-conceptos-de-olt-onu-y-ont/thread/540747-100275>

**ITU.** *ITU-T Recommendations* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=9384&lang=es>

**MIKROTIK.** *DynaDish 5* [En línea]. 2021a [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://mikrotik.com/product/RBDynaDishG-5HacDr3>

**MIKROTIK.** *LHG 5 ac* [En línea]. 2021b [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://mikrotik.com/product/lhg\\_5\\_ac](https://mikrotik.com/product/lhg_5_ac)

**MIKROTIK.** *CCR1036-12G* [En línea]. 2021c [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://mikrotik.com/product/CCR1036-12G-4S-149>

**MIKROTIK.** *RB1100AHx2* [En línea]. 2021d [Consulta: 2021-07-21]. Disponible en: <https://mikrotik.com/product/RB1100AHx2>

**MIKROTIK.** *CCR1036-8G-2S + EM* [En línea]. 2021e [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://mikrotik.com/product/CCR1036-8G-2SplusEM>

**MILLÁN TEJEDOR, Ramón Jesús.** *Qué es... GPON (Gigabit Passive Optical Network)* [En línea]. 2007 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

**OPENUP.** *Diferentes tipos de Fibra Óptica* [En línea]. 2017 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.openup.es/diferentes-tipos-fibra-optica/>

**OPTIWAVE.** *OptiSystem* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-09-02]. Disponible en <https://optiwave.com/optisystem-overview/>

**OPTYTECH.** *Splitters de Fibra Óptica* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/splitters-de-fibra-optica.html>

**OPTITELSR.L.** *Patch cord fibra óptica SM duplex FC-SC-LC-ST.* [En línea]. 2022 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.optitelsrl.com/product/patch-cord-fibra-optica-sm-duplex-fc-sc-lc-st/>

**PROFESIONAL REVIEW.** *Fibra óptica: qué es, para qué se usa y cómo funciona* [En línea]. 2019 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.profesionalreview.com/2019/02/15/fibra-optica-que-es/>

**QUISNANCELA, Edison., & ESPINOSA, Nikolai.** Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque UTE* [en línea], 2016, (Ecuador) 7 (4), pp. 16-30. [Consulta: 2021-06-11]. ISSN: 1390-6542. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/111/117>

**RODRÍGUEZ, Asis.** *Conectorización y balance óptico en una red FTTH (2ª parte).* [En línea]. 2012 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.fibraopticahoy.com/conectorizacion-y-balance-optico-en-una-red-ftth-2%C2%AA-parte/>

**REVELO, Marco.** Análisis de normativas para redes GPON y la calidad de servicio en Ecuador. *JOURNAL RECINATUR INTERNACIONAL* [en línea], 2019, (Chile) 2 (1), pp. 13-23. [Consulta: 2021-06-11]. ISSN: 2661. Disponible en: <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/recinatur/article/view/389/299>

**RIVERBED.** *Riverbed Modeler Academic Edition* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: [https://cms-api.riverbed.com/portal/community\\_home](https://cms-api.riverbed.com/portal/community_home)

**RUIZ LOVATO, David Ricardo.** *Estudio comparativo y simulación de las tecnologías PON tradicionales y emergentes* [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito- Ecuador. 2015. pp. 1-75. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS%20-%20ST001841.pdf>

**SBETECH.** *Cable de fibra óptica monomodo ADSS 48 hilos SE-FOADSS48SM.* [En línea]. 2022 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://sbetech.com/wp-content/uploads/2020/01/SBE-FOADSS48SM.pdf>

**SINCABLES.** N5-x25 Mimoso Antena Dish 25dBi 4.9GHz – 6.4GHz para C5x [En línea]. 2021 [Consulta: 2020-07-21]. Disponible en: <https://sincables.com.ec/product/n5-x25-mimoso-antena-dish-25dbi-4-9ghz-6-4ghz-para-radio-c5x/>

**SISUTELCO.** *Introducción a las redes FTTX* [En línea]. 2020 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://sisutelco.com/introduccion-redes-fttx/>

**SOLUTIONS FTTX.** *Tipos de fibra óptica Capítulo I* [En línea]. 2017 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.solutionsfttx.com/single-post/2018/02/20/tipos-de-fibra-optica-capitulo-i-monomodo>

**STALLINGS, William.** *Comunicaciones y Redes de Computadoras 7ª ed.* Madrid: Pearson Educación, S. A., 2004, pp. 1-896

**SUÁREZ, Edison.** *Estudio y Diseño de una red de Planta Externa con Fibra Óptica y su integración a un equipo GPON para brindar servicios TRIPLE-PLAY* [En línea] (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Israel, Quito-Ecuador. 2015. pp. 1-85. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/705/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-126.PDF>

**SYSCOM.** *Preguntas más frecuentes sobre FTTx, GPON y Fibra óptica* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://soporte.syscom.mx/es/articulos/3975681-preguntas-mas-frecuentes-sobre-fttx-gpon-y-fibra-optica>

**TRADEISAY.** *Roseta Fibra Óptica.* [En línea]. 2022 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.tradeisay.com/fibra-optica/roseta-fibra-optica>

**VÁSQUEZ BONILLA, Fausto Javier.** *Análisis del comportamiento de la señal OFDM al pasar por un canal óptico con receptor no coherente en redes PON* [En línea] (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito- Ecuador. 2020. pp. 1-70. [Consulta: 2021-06-11]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20750/1/CD%2010268.pdf>

**VIAMI SOLUTIONS.** *Red óptica pasiva (PON)* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://www.viamisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon#epon>

**4ITN.** *Redes PON* [En línea]. 2021 [Consulta: 2021-06-12]. Disponible en: <https://4itn.mx/4it/gpon/>

**XYFIBERS.** *Mini type PLC splitters.* [En línea]. 2022 [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://www.xyfibers.com/Mini-Type-PLC-Splitters.html>

## ANEXOS

### ANEXO A: DYNADISH 5 AC MIKROTIK



## DynaDish 5

The DynaDish 5 is a new 802.11ac outdoor device with an integrated antenna. Compact in its design, it is a simple and completely integrated product with everything you need to quickly install a reliable point to point link.

The DynaDish 5 is powered by a new 720 MHz CPU from Qualcomm.

### New 802.11ac outdoor device

- ideal for long distance point-to-point links
- 5 GHz dual chain board integrated into 25 dBi dish antenna with 8 degree beam width
- 720 Mhz CPU 300 MHz DDR2
- one Gigabit Ethernet port



The antenna is a 8 degree 25 dBi dish, and it includes a precise alignment mount, ideal for long range point to point wireless links.

## Specifications

Product code	RBDynaDishG-5HacD
CPU	QCA9557 720 MHz
Size of RAM	128 MB
10/100/1000 Ethernet ports	1
Wireless	Built-in 5 GHz 802.11ac, dual-chain
Frequency range	4920 - 6100 MHz (Operating range limited by Country Regulations)
Antenna gain	25 dBi
Antenna beam width	8°
Wireless chip model	QCA9892
Wireless regulations	Specific frequency range may be limited by country regulations
Port to port isolation	23 db
Return loss	< 15 db
VSWR	1.5
PoE in	Yes
Supported input voltage	11V - 60V passive PoE or 802.3af/at with unshielded cable
Voltage Monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
CPU temperature monitor	No
Dimensions	Ø 404 mm, height 175 mm (without mount)
License level	3
Operating System	RouterOS
Max Power consumption	9 W
Supported channels	20/40/80 MHz

## Included



24 V 0.8 A power adapter



Precision mount



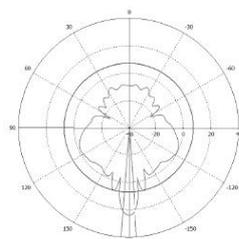
U Kit



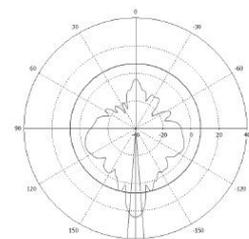
Gigabit PoE injector

## Wireless specifications

RATE	Tx (dBm)	Rx (dBm)
6MBit/s	31	-96
54MBit/s	28	-81
MCS0	30	-96
MCS7	27	-77
MCS9	22	-72



Horizontal polarization



Vertical polarization

mimosa

Datasheet

## The Industry's Most Versatile, Modular Radio

Mimosa's integrated C5x radio and modular N5-X antennas provide the ultimate flexibility for PTP and PTMP extended frequency operation.

4.9–6.4 GHz

### Key Features

- Four Twist-On, Flexible Antenna Options
- PTP or PTMP Modes  
(feature key may be required)
- Extended Frequency 4.9–6.4 GHz
- Best-in-Class Noise Immunity
- Ultra Rugged
- Low-Power Consumption
- Ultra Reliable



The Mimosa C5x is the industry's most versatile, modular, radio solution with five gain options (8, 12, 16, 20 and 25 dBi). The ultra-rugged solution provides extended frequency operation from 4.9–6.4 GHz, with best-in-class noise immunity. Delivering the ultimate in flexibility and value, the C5x is the go-to solution for 5 GHz deployments. Out of the box, the C5x can be used in PTMP mode, with Ethernet link speeds of up to 100 Mbps. With the purchase of a PTMP speed feature key, speeds of up to 500 Mbps will be unlocked in PTMP mode. In order to unlock and utilize PTP mode, with speeds of up to 700 Mbps, a PTP feature key must be purchased.

### Integrated Radio with Modular Antenna Options

The C5x radio's native 8 dBi gain can be increased to 12, 16, 20 or 25 dBi using Mimosa's modular, N5-X, twist-on antennas, offering the ease and simplicity of integrated radios, but with so much more flexibility!

### Incredible RF Performance

Available with either Cassegrain or horn antenna options, the C5x reduces localized noise and provides immunity from interference with breakthrough front-to-back and front-to-side performance. Each antenna in the N5-X family is optimized to isolate noise with incredible sidelobe rejection.

### Ultra Rugged

The C5x, with its die-cast aluminum metal enclosure, dual pole mounts, and industrial-grade twist-on antenna

options, is custom-engineered to reduce noise, withstand the outdoor elements and stay mounted in harsh wind and extreme weather.

### Extended Frequency 4.9–6.4 GHz

To escape the noise, the C5x lets you take advantage of licensed frequencies from 4.9 GHz up to 6.4 GHz, where allowed by local regulations, including the public safety band in the US. The custom-designed N5-X modular antennas are specifically optimized for C5x extended frequency support.

### Key Applications

- Broadband service providers
- Public safety and first responders
- Enterprise and campus building interconnecting
- Multipoint distribution for WiFi, video security and Smart Cities

## Technical Specifications

### Performance

- **Max Throughput:**  
PTP: 700 Mbps IP (866 PHY)  
(requires PTP feature key)  
PTMP: 500 Mbps IP (866 PHY)  
(requires PTMP speed feature key to go faster than 100BASE-T)
- **Wireless Protocols:** Mimosa SRS; WiFi Interop
- **Modes:** PTP Backhaul (requires feature key); PTMP Client

### Radio

- **MIMO and Modulation:** 2x2:2 MIMO OFDM, up to 256 QAM
- **Bandwidth:** 20/40/80 MHz channels, tunable to 5 MHz increments for Mimosa SRS and WiFi Interop mode
- **Frequency Range:** PTP/PTMP: 4900–6400 MHz (restricted by country of operation)
- **Max Output Power:** 27 dBm
- **Sensitivity (MCS0):**  
-87 dBm @ 80 MHz  
-90 dBm @ 40 MHz  
-93 dBm @ 20 MHz

### Power

- **Max Power Consumption:** 9.2 W average; 12.9 W max
- **System Power Method:** Passive POE (24-56 VDC)
- **PoE Power Supply:** Passive POE compliant, 24-56 V Power over Ethernet supply (not included)

### Physical

- **Dimensions:**  
Height: 175 mm (6.89")  
Width: 70 mm (2.75")  
Depth: 61 mm (2.40")
- **Weight:** 0.37 kg (0.82 lbs)
- **RF Connector Type:** Mimosa N5-Xtwist-on
- **Enclosure Characteristics:**  
Outdoor, die-cast aluminum, UV stabilized paint
- **Mounting:** Dual attached pole mount straps
- **Grounding:** Ground lug
- **Wind Survivability:** 200 km/h (125 mph)

### Environmental

- **Outdoor Ingress Protection Rating:** IP55
- **Operating Temperature:** -40°C to +55°C (-40°F to 131°F)
- **Operating Humidity:** 5 to 100% condensing
- **Operating Altitude:** 4,420 m (14,500') max
- **Shock & Vibration:** ETS 300-019-2-4 class 4M5

### Features

- **Gigabit Ethernet:** 10/100/1000-Base-T
- **Management Services:** Mimosa cloud monitoring and management; SNMPv2 & Syslog monitoring; HTTPS; HTML5-based web UI

- **Smart Spectrum Management:** Active scan monitors/logs ongoing RF interference across channels with no service impact; Dynamic auto-optimization of channel and bandwidth use
- **Security:** WPA2 PSK and Enterprise 802.1x, Radius provisioning, COA, DM (from A5); 128-bit AES with hardware acceleration
- **VLANs:** Per subscriber, VLAN, Q-In-Q, triple tagging, management VLAN
- **QoS:** Supports 4 pre-configured QoS levels

### Regulatory and Compliance

- **Approvals:** FCC Part 15.405 and Part 90Y CE/ETSI
- **EMI/Safety:**  
FCC Part 15 Class B  
EN 55022 Class B  
IEC61000  
UL/IEC 60950-2  
IEC/EN 60905-1
- **WEEE/ROHS Compliance:** Yes



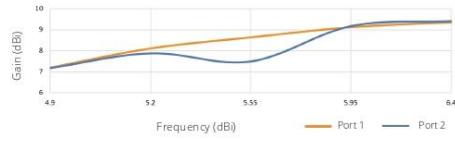
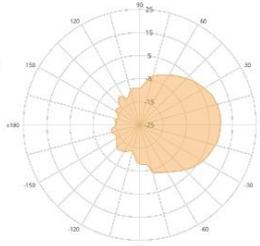
C5x with No Antenna

**N5-X Modular Antenna Options for the C5x**

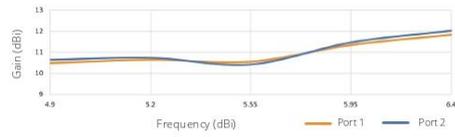
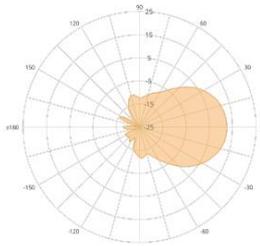
<b>Product</b>	C5x (no antenna)	N5-X12 (horn)	N5-X16 (horn)	N5-X20 (dish)	N5-X25 (dish)
<b>Gain</b>	8 dBi	12 dBi	16 dBi	20 dBi	25 dBi
<b>Polarization</b>	Dual-slant 45°	Dual-slant 45°	Dual-slant 45°	Dual-slant 45°	Dual-slant 45°
<b>Beamwidth, Symmetric (3 dB)</b>	58°	38°	22°	12°	8°
<b>Front-to-Back Ratio (min)</b>	21 dB	29 dB	50 dB	35 dB	40 dB
<b>Front-to-Side Ratio (min)</b>	21 dB	27 dB	43 dB	37 dB	> 45 dB
<b>Weight</b>	0.37 kg (0.82 lbs)	0.16 kg (0.35 lbs)	0.61 kg (1.35 lbs)	0.77 kg (1.70 lbs)	0.98 kg (2.15 lbs)
<b>Dimensions</b>	Width: 70 mm (2.76") Length: 175 mm (6.89") Depth: 61 mm (2.40")	Diameter: 76 mm (2.99") Depth: 67 mm (2.63")	Diameter: 160 mm (6.29") Depth: 116 mm (4.57")	Diameter: 270 mm (10.63") Depth: 83 mm (3.27")	Diameter: 429 mm (16.89") Depth: 116 mm (4.57")
<b>Mount</b>	Dual-pole clamps	Mimosa N5-X twist-on	Mimosa N5-X twist-on	Mimosa N5-X twist-on	Mimosa N5-X twist-on
<b>Wind Survivability</b>	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)	200 km/h (125 mph)
<b>Wind Loading</b>	2.79 kg @ 160 km/h (6.14 lbs @ 100 mph)	3.27 kg @ 160 km/h (7.20 lbs @ 100 mph)	5.13 kg @ 160 km/h (11.30 lbs @ 100 mph)	14.55 @ 160 km/h (32.07 lbs @ 100 mph)	36.26 kg @ 160 km/h (79.95 lbs @ 100 mph)

### Polar Plots and Gain Across Frequency

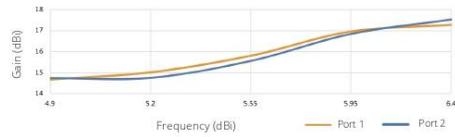
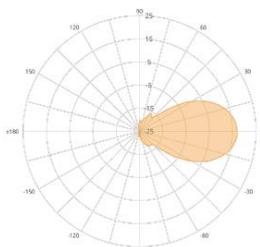
Native, Built-In (8 dBi)



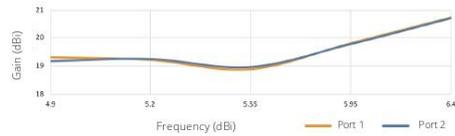
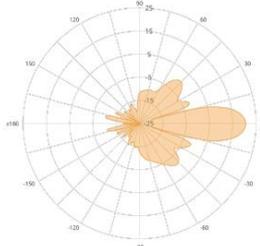
N5-X12 (12 dBi)



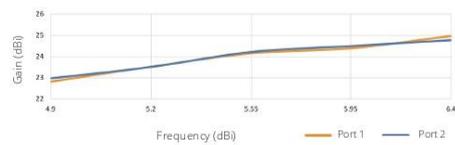
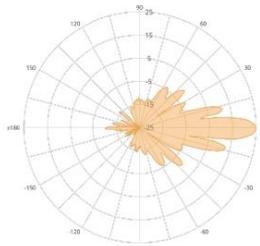
N5-X16 (16 dBi)



N5-X20 (20 dBi)



N5-X25 (25 dBi)





## LHG 5 series

The Light Head Grid (LHG) is a compact and light wireless device with an integrated dual polarization grid antenna at a revolutionary price. It is perfect for point to point links or for use as a CPE at longer distances. Several models are available with standard power, high power and even the XL with a higher gain and larger grid.



LHG XL HP5 / LHG XL 5 ac



LHG HP5 / LHG 5 ac



LHG 5

The grid design ensures protection against wind, and the fact that the antenna element is built into the wireless unit means no loss on cables. The device comes disassembled for compact shipping, but is very easy to assemble and includes a simple to use grounding attachment point.

Model	Antenna gain	Price
LHG 5	24.5 dBi	\$59
LHG HP5	24.5 dBi	\$69
LHG XL HP5	27 dBi	\$79
LHG 5 ac	24.5 dBi	\$89
LHG XL 5 ac	27 dBi	\$99



## Specifications

Product code (International)	RBLHG-5nD	RBLHG-5HPnD	RBLHG-5HPnD-XL	RBLHGG-5acD	RBLHGG-5acD-XL
Product code (USA)	RBLHG-5nD-US	RBLHG-5HPnD-US	RBLHG-5HPnD-XL-US	RBLHGG-5acD-US	RBLHGG-5acD-XL-US
CPU nominal frequency	600 MHz			716 MHz	
Size of RAM	64 MB			256 MB	
Storage	16 MB Flash				
Ethernet ports	1x 10/100			1x 10/100/1000	
Wireless	Built-in 5 GHz 802.11a/n, dual-chain			Built-in 5 GHz 802.11ac, dual-chain	
Wireless regulations	Specific frequency range can be limited by country regulations				
Wireless chip model	AR9344			IPQ-4018	
Operating frequency	<b>International:</b> 5150 - 5875 MHz <b>USA:</b> 5170 - 5250 MHz; 5725 - 5835 MHz				
Antenna gain	24.5 +/- 0.5 dBi	24.5 +/- 0.5 dBi	27 +/- 0.5 dBi	24 +/- 0.5 dBi	27 +/- 0.5 dBi
Antenna beam width	7°	7°	6,4°	7°	
PoE In	Yes				
Supported input voltage	10 V - 30 V (passive PoE)				
Wind loading	186N @ 205 km/h				
Operating temperature	-40 to 70° C				
Shock and vibration	ETSI300-019-1.4				
ETSI specification	EN 302 326 DN2				
Dimensions	Ø 391 x 222 mm; package 450 x 450 x 145 mm		Ø 550 x 245 mm; package 585 x 595 x 138 mm	Ø 391 x 222 mm; package 450 x 450 x 145 mm	Ø 550 x 245 mm; package 585 x 595 x 138 mm
Weight	Unit: 560 g; package: 1.98 kg		Unit: 945 g; package: 2.99 kg	Unit: 560 g; package: 1.98 kg	Unit: 945 g; package: 2.99 kg
License level	3				
Max power consumption	6 W	7 W	7 W	8 W	7 W

## Included



24V 0.38 A  
Power adapter



2x metal rings



PoE injector

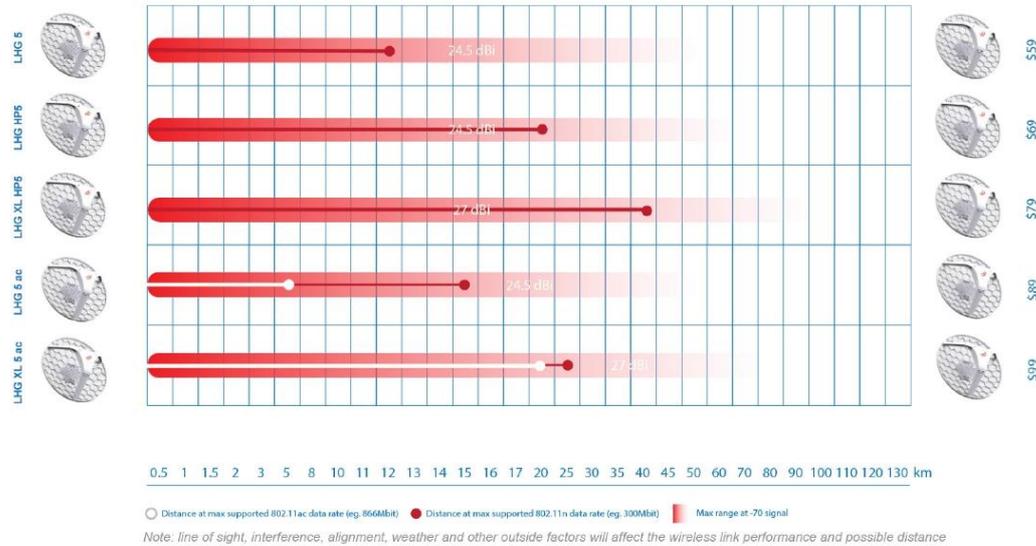


K-LHG kit

## Wireless specifications

Model	LHG 5		LHG HP5		LHG XL HP5		LHG 5 ac		LHG XL 5 ac	
RATE	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)
6MBit/s	25	-96	28	-96	28	-96	25	-96	25	-96
54MBit/s	20	-80	25	-80	25	-80	21	-80	21	-80
MCS0	25	-96	28	-96	28	-96	25	-96	25	-96
MCS7	19	-75	24	-75	24	-75	20	-75	20	-75
MCS9	-	-	-	-	-	-	18	-70	18	-70

## Maximum distance comparison



## 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.

## Specifications

Product code	CCR1036-12G-4S	CCR1036-12G-4S-EM
CPU	Tilera 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 kit



Rack ears

## ANEXO E: ROUTER RB1100 AHX2 – 13 PUERTOS



# RB1100AH

This device is a high performance 1U rackmount Gigabit Ethernet router.

It has thirteen individual gigabit Ethernet ports, two 5-port switch groups, and includes Ethernet bypass capability.

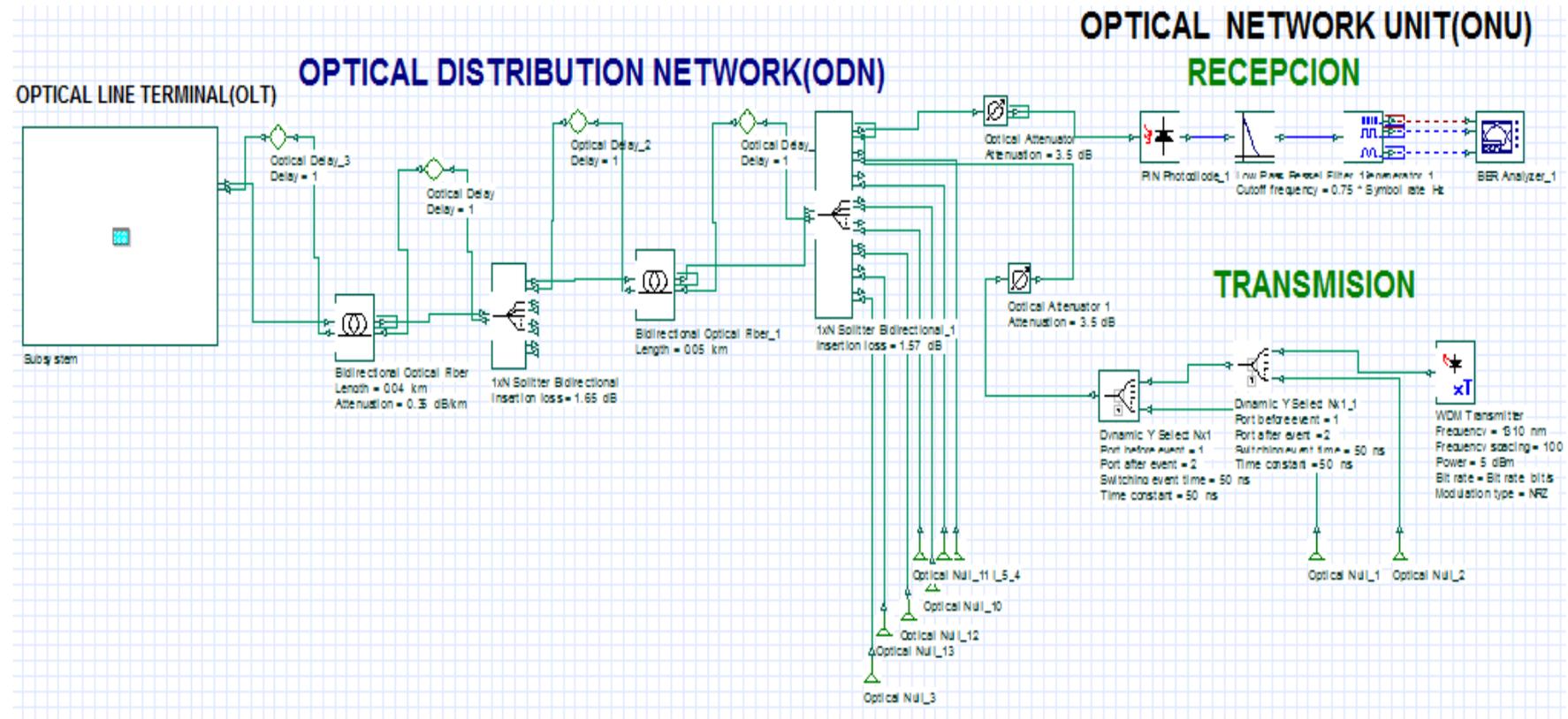
RB1100AH also has a SODIMM slot with bundled 2GB of RAM, one microSD card slot, a beeper and a serial port.

The RB1100AH comes preinstalled in a 1U aluminium rackmount case, assembled and ready to deploy.

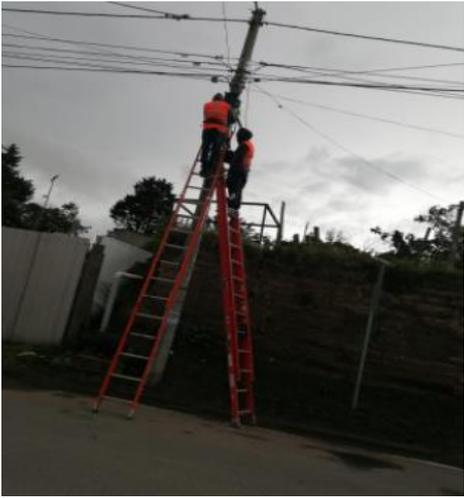
Up to half a million packets per second and more than 3Gbit throughput possible!

CPU	PowerPC 1066MHz network CPU
Memory	SODIMM DDR Slot, 2GB installed (RouterOS will use only up to 1.5GB)
Boot loader	RouterBOOT, 1Mbit Flash chip
Data storage	Onboard NAND memory chip, one microSD card slot
Ethernet	Thirteen 10/100/1000 Mbits Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X
Ethernet	Includes switch to enable Ethernet bypass mode in two ports
miniPCI	none
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch, beeper, voltage and temperature sensors
Power options	Built-in power supply (IEC C14 standard connector 110/220V), PoE (12-24V on port 13)
Fan	no fan, no fan headers
Dimensions	1U case: 44 x 176 x 442 mm, 1275g. Board only: 365g
Operating System	MikroTik RouterOS, Level 6 license

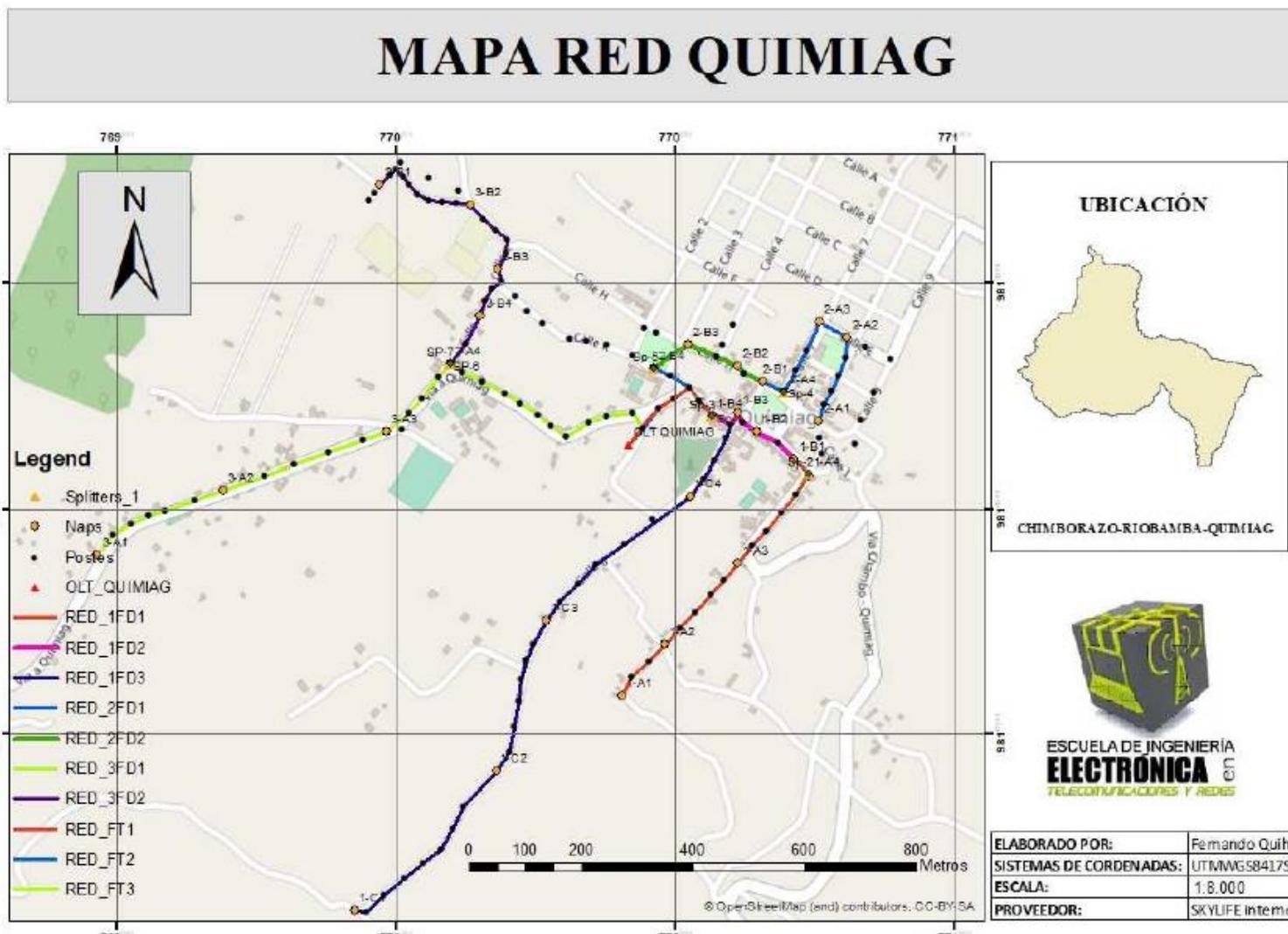
## ANEXO F: SIMULACIÓN DE LA RED



**ANEXO G: FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED**



ANEXO H: MAPA RED QUIMIAG



T

## ANEXO I: ELEMENTOS GEOREFERENCIADOS MEDIANTE EL INSTRUCTIVO DE LA ARCOTEL

Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL																			
ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
0	769464,373	9816318,67	00001	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,578107	-1,6603243	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
1	769492,401	9816354,56	00002	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,577855	-1,6599997	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
2	769524,119	9816373,95	00003	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,577571	-1,659824	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
3	769556,298	9816387,49	00004	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,577282	-1,6597013	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
4	769586,936	9816397,96	00005	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,577007	-1,6596063	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
5	769638,516	9816415,19	00006	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,576543	-1,65945	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
6	769690,248	9816432,95	00007	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,576079	-1,6592889	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
7	769765,687	9816458,89	00008	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,575402	-1,6590535	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
8	769816,662	9816476,9	00009	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,574944	-1,6588902	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
9	769879,455	9816498,6	00010	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57438	-1,6586934	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
10	769940,225	9816520,24	00011	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573835	-1,6584971	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
11	769982,86	9816534,11	00012	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573452	-1,6583712	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
12	770010,042	9816539,2	00013	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573208	-1,658325	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
13	770024,361	9816568,1	00014	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573079	-1,6580635	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
14	770046,203	9816594,66	00015	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572883	-1,6578232	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
15	770077,176	9816632,37	00016	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572606	-1,657482	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
16	770097,439	9816655,5	00017	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572424	-1,6572727	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
17	770125,248	9816692,42	00018	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572174	-1,6569387	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
18	770151,499	9816740,78	00019	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571939	-1,6565013	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
19	770172,44	9816788,73	00020	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571752	-1,6560676	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
20	770182,227	9816823,75	00021	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571664	-1,655751	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
21	770197,113	9816851,81	00022	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571531	-1,6554971	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
22	770178,258	9816892,76	00023	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571701	-1,6551272	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
23	770133,574	9816937,31	00024	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572102	-1,654725	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
24	770111,616	9816962,73	00025	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,5723	-1,6544955	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
25	770060,022	9816986,01	00026	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572764	-1,6542856	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
26	770009,294	9817013,77	00027	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57322	-1,6540353	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
27	770188,586	9816801,49	00028	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571607	-1,6559521	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
28	770215,045	9816777,56	00029	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571369	-1,6561681	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
29	770235,454	9816748,2	00030	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571185	-1,6564333	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
30	770263,904	9816728,7	00031	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570929	-1,6566092	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
31	770310,836	9816700,01	00032	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570508	-1,656868	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
32	770340,405	9816695,58	00033	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570242	-1,6569077	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
33	770376,585	9816690,26	00034	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569917	-1,6569554	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
34	770423,685	9816670,08	00035	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569494	-1,6571373	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
35	770461,878	9816647,95	00036	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56915	-1,6573369	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
36	770491,147	9816633,85	00037	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568887	-1,6574641	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
37	770525,96	9816613,67	00038	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568574	-1,657646	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
38	770499,363	9816593,85	00039	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568813	-1,6578255	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
39	770470,815	9816577,13	00040	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569069	-1,657977	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
40	770423,714	9816569,53	00041	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569492	-1,6580461	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
41	770378,344	9816561,97	00042	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,5699	-1,658115	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
42	770344,896	9816551,24	00043	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,5702	-1,6582124	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
43	770305,727	9816525,47	00044	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570552	-1,6584458	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
44	770278,754	9816545,29	00045	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570794	-1,6582669	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
45	770254,186	9816563,94	00046	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571015	-1,6580986	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
46	770222,69	9816585,81	00047	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571298	-1,6579012	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
47	770195,175	9816602,13	00048	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571545	-1,657754	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n

Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
48	770155,05	9816624,36	00049	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571906	-1,6575536	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
49	770119,535	9816641,82	00050	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572225	-1,6573962	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
50	770443,519	9816541,12	00051	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569314	-1,6583028	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
51	770541,854	9816589,43	00052	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568431	-1,657865	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
52	770567,935	9816565,06	00053	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568197	-1,658085	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
53	770600,12	9816547,23	00054	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567907	-1,6582458	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
54	770613,677	9816567,09	00055	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567786	-1,6580661	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
55	770620,379	9816551,35	00056	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567725	-1,6582083	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
56	770646,934	9816533,41	00057	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567487	-1,6583702	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
57	770684,103	9816515,3	00058	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567153	-1,6585335	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
58	770712,972	9816485,68	00059	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566893	-1,6588009	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
59	770740,754	9816462,27	00060	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566643	-1,6590122	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
60	770445,906	9816719,36	00061	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569295	-1,6566916	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
61	770466,777	9816710,81	00062	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569107	-1,6567687	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
62	770524,27	9816689,58	00063	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56859	-1,6569599	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
63	770574	9816668,36	00064	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568143	-1,6571512	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
64	770584,7	9816689,33	00065	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568047	-1,6569615	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
65	770603,44	9816725,91	00066	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56788	-1,6566307	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
66	770613,169	9816651,79	00067	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567791	-1,6573005	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
67	770624,392	9816638,44	00068	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56769	-1,6574211	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
68	770657,804	9816623,95	00069	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56739	-1,6575516	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
69	770696,075	9816605,39	00070	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567046	-1,657719	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
70	770716,535	9816645,53	00071	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566863	-1,657356	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
71	770735,632	9816679,56	00072	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566692	-1,6570481	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
72	770758,148	9816729,43	00073	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56649	-1,6565971	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
73	770808,501	9816702,69	00074	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566037	-1,6568383	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
74	770842,918	9816685,68	00075	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,565728	-1,6569917	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
75	770885,625	9816663,47	00076	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,565344	-1,6571919	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
76	770856,27	9816604,62	00077	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,565607	-1,6577242	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
77	770832,457	9816556,99	00078	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,565821	-1,658155	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
78	770822,149	9816512,68	00079	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,565913	-1,6585556	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
79	770762,411	9816495,75	00080	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566449	-1,6587093	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
80	770759,917	9816524,36	00081	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566472	-1,6584507	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
81	770758,062	9816554,27	00082	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566489	-1,6581804	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
82	770592,037	9816523,77	00083	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56798	-1,6584579	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
83	770571,43	9816483,61	00084	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568164	-1,6588211	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
84	770550,531	9816454,26	00085	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568352	-1,6590867	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
85	770527,17	9816423,39	00086	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56917	-1,6597376	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
86	770459,394	9816382,37	00087	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569621	-1,6601447	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
87	770409,123	9816337,39	00088	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568561	-1,659366	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
88	770359,208	9816301	00089	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570069	-1,6604742	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
89	770327,102	9816268,6	00090	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570357	-1,6607674	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
90	770295,352	9816236,85	00091	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570642	-1,6610548	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
91	770269,48	9816200,85	00092	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570874	-1,6613804	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
92	770246,726	9816158,76	00093	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571077	-1,6617612	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
93	770233,364	9816132,03	00094	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571197	-1,6620029	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
94	770225,215	9816097,32	00095	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57127	-1,6623167	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
95	770219,657	9816059,58	00096	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571319	-1,6626579	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
96	770211,764	9816012,79	00097	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57139	-1,6630809	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
97	770203,013	9815968,92	00098	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571468	-1,6634776	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
98	770179,375	9815934,87	00099	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57168	-1,6637856	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
99	770120,71	9815870,74	00100	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572206	-1,6643659	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
100	770102,47	9815833,43	00101	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57237	-1,6647034	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
101	770081,056	9815794,37	00102	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572562	-1,6650567	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
102	770049,748	9815771,22	00103	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572842	-1,6652663	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
103	770015,034	9815743,01	00104	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573154	-1,6655217	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
104	769978,281	9815713,65	00105	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573484	-1,6657875	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
105	769946,197	9815684,99	00106	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573772	-1,6660469	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
106	770405,669	9816068,98	00107	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569649	-1,6625709	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
107	770422,206	9816102,65	00108	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569501	-1,6622663	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
108	770452,998	9816130,6	00109	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569224	-1,6620134	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
109	770482,956	9816159,61	00110	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568956	-1,6617508	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
110	770509,467	9816188,62	00111	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568718	-1,6614883	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
111	770535,549	9816217,15	00112	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568484	-1,6612301	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
112	770563,528	9816248,51	00113	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568233	-1,6609464	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
113	770586,511	9816273,64	00114	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568027	-1,6607189	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
114	770614,722	9816306,17	00115	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567774	-1,6604246	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
115	770639,327	9816334,42	00116	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567553	-1,660169	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
116	770664,154	9816360,35	00117	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56733	-1,6599343	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
117	770691,031	9816394,61	00118	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567089	-1,6596243	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
118	770715,801	9816427,12	00119	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566867	-1,6593302	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
119	770806,027	9816666,95	00120	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566059	-1,6571613	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
120	770793,327	9816635,2	00121	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566173	-1,6574485	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
121	770779,833	9816605,83	00122	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566294	-1,6577141	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
122	770767,133	9816582,81	00123	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566408	-1,6579223	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
123	770107,806	9816941,93	00124	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572334	-1,6546835	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
124	770083,45	9816944,08	00125	EER	POO2504	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572553	-1,6546644	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
125	770059,093	9816946,23	00126	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572771	-1,6546452	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
126	770038,319	9816957,69	00127	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572958	-1,6545419	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
127	770023,992	9816973,45	00128	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573087	-1,6543996	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
128	770013,246	9816989,21	00129	EER	POO4104	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573184	-1,6542572	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
129	770000,352	9817000,67	00130	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,5733	-1,6541538	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
130	769989,606	9816989,93	00131	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573396	-1,654251	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
131	769970,981	9816974,17	00132	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573563	-1,6543937	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
132	769961,668	9816959,84	00133	EER	POO1002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573647	-1,6545233	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
133	769950,923	9816945,51	00134	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573743	-1,6546529	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
134	770159,384	9816767,85	00135	EER	POO0101	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571869	-1,6562565	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
135	770199,5	9816876,02	00136	EER	POO0102	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57151	-1,6552782	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
136	770156,519	9816912,56	00137	EER	POO0201	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571896	-1,6549485	Skylife	Aéreo	Sal	Poste	Herraje	n
137	770567,935	9816565,06	00138	EER	Spt_001	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568197	-1,658085	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
138	770740,754	9816462,27	00139	EER	Spt_002	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566643	-1,6590122	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
139	770567,935	9816565,06	00140	EER	Spt_003	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568197	-1,658085	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
140	770696,075	9816605,39	00141	EER	Spt_004	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567046	-1,657719	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
141	770461,878	9816647,95	00142	EER	Spt_005	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56915	-1,6573369	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
142	770125,248	9816692,42	00143	EER	Spt_006	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572174	-1,6569387	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
143	770097,439	9816655,5	00144	EER	Spt_007	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572174	-1,6569387	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Splitter	n
144	770418,18	9816511,34	00145	EER	OLT_QUIMI	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571466	-1,6613819	Skylife	Aéreo	Sal	Elemnto Activo	OLT	n
145	770405,669	9816068,98	00146	EER	1-A1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,569649	-1,6625709	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
146	770482,956	9816159,61	00147	EER	1-A2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568956	-1,6617508	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
147	770614,722	9816306,17	00148	EER	1-A3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567774	-1,6604246	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
148	770740,754	9816462,27	00149	EER	1-A4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566643	-1,6590122	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
149	770712,972	9816485,68	00150	EER	1-B1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566893	-1,6588009	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
150	770646,934	9816533,41	00151	EER	1-B2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567487	-1,6583702	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
151	770613,677	9816567,09	00152	EER	1-B3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567786	-1,6580661	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n

**Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL**

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
152	770567,935	9816565,06	00153	EER	1-B4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,568197	-1,658085	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
153	769946,197	9815684,99	00154	EER	1-C1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573772	-1,6660469	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
154	770179,375	9815934,87	00155	EER	1-C2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,57168	-1,6637856	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
155	770269,48	9816200,85	00156	EER	1-C3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570874	-1,6613804	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
156	770527,17	9816423,39	00157	EER	1-C4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56917	-1,6597376	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
157	770524,27	9816689,58	00158	EER	2-B3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56859	-1,6569599	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
158	770613,169	9816651,79	00159	EER	2-B2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567791	-1,6573005	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
159	770657,804	9816623,95	00160	EER	2-B1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56739	-1,6575516	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
160	770696,075	9816605,39	00161	EER	2-A4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,567046	-1,657719	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
161	770758,148	9816729,43	00162	EER	2-A3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56649	-1,6565971	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
162	770808,501	9816702,69	00163	EER	2-A2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566037	-1,6568383	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
163	770758,062	9816554,27	00164	EER	2-A1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,566489	-1,6581804	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n

## Elementos georeferenciados mediante el instructivo de la ARCOTEL

ID	X	Y	Cod_punto	Prop_poste	Iden_punto	Cod_prov	Cod_cant	Cod_parr	Provincia	Cantón	Parroquia	Longitud	Latitud	Operadora	Estado	Tipo_servi	Tipo_punto	Desc_punto	Situación
164	770461,878	9816647,95	00165	EER	2-B4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,56915	-1,6573369	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
165	769464,373	9816318,67	00166	EER	3-A1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,578107	-1,6603243	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
166	769690,248	9816432,95	00167	EER	3-A2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,576079	-1,6592889	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
167	769982,86	9816534,11	00168	EER	3-A3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573452	-1,6583712	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
168	770097,439	9816655,5	00169	EER	3-A4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572424	-1,6572727	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
169	769970,981	9816974,17	00170	EER	3-B1	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,573563	-1,6543937	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
170	770133,574	9816937,31	00171	EER	3-B2	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,572102	-1,654725	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
171	770263,904	9816728,7	00172	EER	3-B3	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,570929	-1,6566092	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n
172	770151,499	9816740,78	00173	EER	3-B4	06	0601	060103	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	-78,571939	-1,6565013	Skylife	Aéreo	Sal	Elemento pasivo	Naps	n