



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de  
Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de  
TI

**RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON PARA BRINDAR SERVICIOS  
DE INTERNET Y TELEVISIÓN DE LA EMPRESA EFINET-TV EN  
LA PARROQUIA DE YARUQUÍ**

**Autor:** Jerson Sebastián Cifuentes Suasnavas

**Director:** Germán Vicente Arévalo Bermeo

Quito, abril.

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR**

**DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **JERSON SEBASTIAN CIFUENTES SUASNAVAS**, con C.I. **1724390347**, autor del trabajo de graduación intitulado: **“RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET Y TELEVISIÓN DE LA EMPRESA EFINET-TV EN LA PARROQUIA DE YARUQUÍ”**, previa a la obtención del grado académico de **MAGISTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES DE COMUNICACIONES** en la Facultad de **INGENIERÍA**:

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
- 2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 04 de abril de 2023

**JERSON SEBASTIAN CIFUENTES SUASNAVAS**

C.I. 1724390347

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado Titulado: “Red FTTH con tecnología GPON para brindar servicios de internet y televisión de la empresa Efinet – TV en la parroquia de Yaruquí”, presentado por el maestrante JERSON SEBASTIAN CIFUENTES SUASNAVAS, titular de la Cédula de Identidad N.º 1724390347 para optar al Grado de Magíster en Educación mención gestión del aprendizaje mediado por TIC, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Educación.

En la ciudad de Quito, a los 03 días de abril de 2023

---

GERMÁN VICENTE ARÉVALO BERMEO

C.I. 0103152500

[garevalo893@puce.edu.ec](mailto:garevalo893@puce.edu.ec)

NRO TELEFONO: 0991572515

NOTA: 30/30

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 10 % índice de similitud con otras fuentes.

**TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE**

TRABAJO\_DE\_TITULACION\_RED\_GPON\_YARUQUI\_Jersson\_Cif...

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

qdoc.tips

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Pontificia Universidad Catolica  
del Ecuador - PUCE

Trabajo del estudiante

2%

5

Submitted to Universidad Politecnica  
Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

1%

6

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uisek.edu.ec

Fuente de Internet

1%

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, JERSON SEBASTIAN CIFUENTES SUASNAVAS, titular de la cédula de identidad N.º 1724390347, declaro que los resultados obtenidos en la investigación, como requisito previo para la obtención del Grado Académico de Magister en Educación mención gestión del aprendizaje mediado por TIC son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos, que se desprenden del trabajo de investigación, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola exclusiva responsabilidad legal y académica.

En la ciudad de Quito, a los 7 días del mes de abril 2023

JERSON SEBASTIÁN CIFUENTES SUASNAVAS

CI: 1724390347

# Índice

INTRODUCCIÓN .....	15
1. ANTECEDENTES .....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	16
1.3. ANTECEDENTES .....	16
1.4. OBJETIVOS .....	17
1.4.1. Objetivo general .....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. METODOLOGÍA .....	18
2. SITUACIÓN ACTUAL Y ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1. Sistemas de Fibra Óptica .....	19
2.1.1. Estructura.....	19
2.1.2. Principio de transmisión .....	20
2.1.3. Tipos de Fibra Óptica .....	21
2.1.4. Problemas de la fibra óptica .....	24
2.1.5. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	26
2.2. Sistemas de comunicación de fibra óptica .....	27
2.2.1. Fuentes de luz .....	27
2.2.2. Receptores ópticos.....	29
2.2.3. Dispositivos ópticos pasivos.....	31
2.2.4. Dispositivos ópticos activos .....	33
2.2.5. Técnicas de multiplexación .....	34
2.3. Soluciones de acceso con fibra óptica (FTTX).....	34
2.3.1. FTTB (Fiber to the Building) .....	35
2.3.2. FTTH (Fiber to the Home) .....	36
2.3.3. FTTC (Fiber to the Cabinet).....	37
2.3.4. FTTN (Fiber to the Node/Neighborhood) .....	37
3. TECNOLOGÍAS DE TRANSMISION DE LA RED ACTUAL – ACCESOS PON.....	39
3.1. Redes HFC (Híbrido Fibra y Coaxial).....	39
3.1.1. Arquitectura de Red HFC .....	39
3.2. Tecnologías de redes PON (Pasive Optical Network) .....	41
3.2.1. APON (Asynchronous Transfer Mode Over PON).....	42
3.2.2. BPON (Broadband PON) .....	42

3.2.3.	EPON (Ethernet PON).....	43
3.2.4.	GPON (Gigabit-capable PON) .....	43
3.3.	Generalidad de la Red de Distribución Óptica de Efinet-TV .....	44
3.3.1.	Topología física y lógica actual.....	45
3.3.2.	Equipos activos y pasivos existentes .....	49
3.4.	Estudio del sector.....	51
3.4.1.	Ubicación de la Parroquia de Yaruquí.....	51
3.4.2.	Análisis de mercado.....	52
3.4.3.	Cálculo de la muestra .....	52
3.4.4.	Análisis de resultados .....	52
3.5.	Requerimientos para la red GPON .....	52
4.	<b>DISEÑO E IMPLMETACIÓN DE LA RED GPON EN EL SECTOR DE YARUQUI PARA EL ISP EFINET – TV .....</b>	<b>54</b>
4.1.	Antecedente de la propuesta para el diseño de red GPON .....	54
4.2.	Justificación .....	54
4.3.	Consideraciones iniciales para el diseño de la red GPON .....	55
4.3.1.	Situación actual de Efinet-TV en Yaruquí .....	56
4.3.2.	Parámetros para el diseño de la red GPON .....	60
4.4.	Diseño de la red óptica GPON en la parroquia de Yaruquí.....	66
4.4.1.	Localización Geográfica.....	66
4.4.2.	Esquema de la red GPON.....	67
4.4.3.	Análisis de rutas.....	68
4.4.4.	Diseño de la red ODN .....	70
4.5.	Cálculos del enlace .....	88
4.5.1.	Presupuesto óptico.....	88
4.5.2.	Relación de división .....	91
4.5.3.	Distancia máxima .....	92
4.5.4.	Cálculo de la atenuación.....	92
4.6.	Selección de equipos.....	94
4.7.	Análisis económico.....	95
4.8.	Presupuesto de gastos .....	96
4.8.1.	Volumen de Obra Yaruquí .....	96
4.8.2.	Mano de Obra e Instalación.....	97
4.8.1.	Análisis de recuperación de inversión.....	98

CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES .....	102
BIBLIOGRAFÍA .....	103
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso de la fibra óptica .....	26
Tabla 2. Ventajas y desventajas diodo LED .....	28
Tabla 3. Ventajas y desventajas LASER .....	28
Tabla 4. Descripción y polarización de antenas del Head End .....	59
Tabla 5. Descripción de la distancia de los feeder principales. ....	69
Tabla 6. Distancias de cable para cada feeder .....	70
Tabla 7. Distribución de splitters de primer nivel .....	72
Tabla 8. Distribución de la red ODN zona 1 .....	73
Tabla 9. Volumen de Obra ZONA 1 .....	74
Tabla 10. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución .....	75
Tabla 11. Distribución de la red ODN zona 2.....	75
Tabla 12. Volumen de Obra ZONA 2 .....	776
Tabla 13. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución .....	77
Tabla 14. Distribución de la red ODN zona 3.....	77
Tabla 15. Volumen de Obra ZONA 3 .....	78
Tabla 16. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución.....	79
Tabla 17. Distribución de la red ODN zona 4 .....	79
Tabla 18. Volumen de Obra ZONA 4.....	80
Tabla 19. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución .....	81
Tabla 20. Distribución de la red ODN zona 5 .....	81
Tabla 21. Volumen de Obra ZONA 5 .....	82
Tabla 22. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución .....	83
Tabla 23. Distribución de la red ODN zona 6 .....	83
Tabla 24. Volumen de Obra ZONA 6 .....	84
Tabla 25. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución.....	85
Tabla 26. Presupuesto óptico ZONA 1 .....	88
Tabla 27. Presupuesto óptico ZONA 2.....	89
Tabla 28. Presupuesto óptico ZONA 3.....	89
Tabla 29. Presupuesto óptico ZONA 4.....	90

Tabla 30. Presupuesto óptico ZONA 5.....	90
Tabla 31. Presupuesto óptico ZONA 6.....	91
Tabla 32. Cálculos de atenuación .....	93
Tabla 33. Especificaciones técnicas de los equipos de borde del nodo de Yaruquí...94	
Tabla 34. Volumen de Obra de la red de fibra óptica en el sector de Yaruquí .....	96
Tabla 35. Costos generales del tendido de la red de fibra óptica en el sector de Yaruquí de la empresa Efinet-TV .....	97
Tabla 36. Flujo de caja proyectado mensual de la empresa Efinet-TV.....	98
Tabla 37. Flujo de caja proyectado anual de la empresa Efinet-TV.....	99
Tabla 38. Calculo de la Tasa de Descuento .....	100
Tabla 39. Análisis de sensibilidad .....	100

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura de fibra óptica .....	20
Figura 2. Material de refuerzo de la fibra óptica .....	20
Figura 3. Reflexión de un pulso de luz.....	21
Figura 4. Propagación de un pulso de luz en la fibra óptica.....	21
Figura 5. FO multimodo con índice escalonado.....	22
Figura 6. FO multimodo de índice gradual.....	22
Figura 7. FO monomodo .....	23
Figura 8. Tipos de fibra óptica.....	23
Figura 9. Ventanas de atenuación de la fibra óptica.....	24
Figura 10. Diagrama de bloques sistema de comunicación óptica.....	27
Figura 11. Fotodiodo PIN polarizado .....	30
Figura 12. Fotodiodo APD polarizado .....	31
Figura 13. Elemento de fabricación y longitudes de onda de la fibra óptica .....	31
Figura 14. Longitud de onda en un splitter.....	32
Figura 15. Multiplexación de longitudes de onda en un splitter. ....	32
Figura 16. Multiplexación y demultiplexación de señales .....	33
Figura 17. Esquema de una red FTTX .....	35
Figura 18. Esquema de red FTTB .....	36
Figura 19. Esquema de red FTTH .....	36
Figura 20. Esquema de red FTTC .....	37
Figura 21. Esquema de red FTTN .....	38
Figura 22. Arquitectura de Red de Acceso Hybrid Fibre Coaxial.....	39
Figura 23. Esquema físico de la red GPON de la empresa Efinet-TV .....	45
Figura 24. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Guayllabamba .....	46
Figura 25. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en El Quinche.....	46
Figura 26. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Oyacoto .....	47
Figura 27. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Iguíñaro .....	47
Figura 28. Esquema lógico de la empresa Efinet-TV.....	48
Figura 29. Equipos Oficina Central Efinet-TV .....	48
Figura 30. OLT Huawei MA5680T.....	49
Figura 31. Mikrotik CCR-1036 (Efinet-TV) .....	50
Figura 32. EDFA GPON 1550 .....	50
Figura 33. ONT Huawei HG8546M.....	51
Figura 34. Sector de la parroquia de Yaruquí.....	51

Figura 35. Zonas de cobertura en Yaruquí y sus alrededores.....	56
Figura 36. Zonas de cobertura de Efinet-TV .....	56
Figura 37. Sistema de energía de la empresa Efinet-TV .....	58
Figura 38. Antenas parabólicas de la empresa Efinet-TV .....	59
Figura 39. Head End de Efinet-TV.....	60
Figura 40. Esquema de una red GPON.....	64
Figura 41. Sector de Yaruquí postes de CNEL .....	65
Figura 42. Nodo de Yaruquí .....	66
Figura 43. Zonas de cobertura en el sector de Yaruquí .....	67
Figura 44. Rutas para el tendido de red de Fibra Óptica .....	69
Figura 45. Enlace Iguiñaro – Checa – Yaruquí. ....	71
Figura 46. Estructura de equipos del nodo de Yaruquí .....	71
Figura 47. Ubicación de los splitters de primer nivel .....	72
Figura 48. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 1.....	74
Figura 49. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 2.....	76
Figura 50. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 3.....	78
Figura 51. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 4.....	80
Figura 52. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 5.....	82
Figura 53. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 6.....	84
Figura 54. Topología PON árbol extendido – multinivel, para la red ODN de la empresa Efinet-TV.....	86
Figura 55. Esquema lógico de la red de fibra óptica GPON de la empresa Efinet-TV.....	87
Figura 56. Equipos de núcleo de red ubicado en el nodo de Yaruquí .....	95

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN  
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

**RED FTTH CON TECNOLOGÍA GPON PARA BRINDAR SERVICIOS DE  
INTERNET Y TELEVISIÓN DE LA EMPRESA EFINET-TV EN LA  
PARROQUIA DE YARUQUÍ**

Autor: Jerson Sebastián Cifuentes Suasnavas

Director -Tutor: Germán Vicente Arévalo Bermeo

Fecha: lunes, 3 de abril de 2023

**RESUMEN**

El presente documento hace referencia al proyecto de la red GPON de la empresa Efinet – TV desde un nodo ubicado en la parroquia de Yaruquí que permitirá la provisión de los servicios de internet y televisión en este sector.

Este trabajo se enfoca en llevar la calidad de los servicios que la empresa puede ofrecer a otros lugares, optimizando los recursos técnicos y tecnológicos a su alcance que actualmente utiliza y aprovechar de esta manera los beneficios de una red FTTH, capaz de transportar múltiples servicios para satisfacer los requerimientos y necesidades de los futuros abonados.

El diseño de la red GPON de la empresa Efinet – TV en el sector de Yaruquí, se basa en las recomendaciones de la UIT-T G.984.1, normas de CNT y consideraciones de carácter técnico para la implementación de este tipo de redes convergentes que actualmente utilizan los proveedores de estos servicios. Esto se logra a partir de un estudio de mercado poblacional y de los servicios que prestan diferentes ISP en el sector; la infraestructura de red construida permitirá futuras expansiones a los sectores aledaños y garantizará un óptimo desempeño de la red, con los beneficios a largo plazo que la empresa Efinet – TV planea obtener

**Palabras clave:** GPON, fibra óptica.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN  
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

**FTTH NETWORK WITH GPON TECHNOLOGY TO PROVIDE INTERNET  
AND TELEVISION SERVICES OF THE COMPANY EFINET-TV IN  
YARUQUI TOWN**

Author: Jerson Sebastián Cifuentes Suasnavas

Director -Tutor: Germán Vicente Arévalo Bermeo

Date: Monday April 03, 2023

**ABSTRACT**

This document refers to the GPON network project of Efinet -TV company from a node located in Yaruquí town that will provide the internet and tv service in that area.

This work is focused on the quality of services that the company can offer to other places, optimizing the technical and technological resources at their fingertips to take advantage of the benefits of a FFTH Network, being able to transport multiple services to satisfy the needs and requirements of the future subscribers.

The GPON network design of Efinet - TV company in Yaruquí Town, is based on the recommendations of the UIT-T G.984.1, from CNT norms and considerations of technical character for the implementation of this type of convergent networks currently used by the providers of these services. This is achieved with a population market study and services provided by different ISPs in the area; built network infrastructures will allow future expansions to the surrounding sectors and will guarantee an optimal performance of the network, with the long-term benefits that the Efinet-TV company plans to obtain.

**Keywords:** GPON, optical fiber.

## INTRODUCCIÓN

La evolución de las tecnologías de telecomunicaciones ha crecido exponencialmente, en especial con los nuevos medios de transporte de la información; con la finalidad de estar junto con el desarrollo de los avances tecnológicos en el mundo, Efinet – TV es una empresa vanguardista que se coloca al nivel de competición de empresas más grandes en su mercado, utilizando como medio de transmisión la fibra óptica, considerando como el último medio más avanzado a nivel mundial para la transmisión de la información.

El segundo capítulo es un análisis de las tecnologías que se enfocan en los elementos, dispositivos y sistemas ópticos a ser considerados como base fundamental para las redes GPON.

El tercer capítulo comprende una descripción de la tecnología actual que utiliza la red de la empresa Efinet – TV, abarca la línea base la red, que describe los aspectos fundamentales de la tecnología lógica y física utilizada.

El último capítulo describe el esquema de Red óptica pasiva GPON implementada en el sector de Yaruquí en base a las recomendaciones y normas para un diseño óptimo que satisfaga la demanda de abonados en el sector y optimice los recursos de la empresa para expansiones futuras, considerando temas técnicos y financieros para el proyecto de red implementado.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. ANTECEDENTES**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Efinet-TV presta sus servicios de internet y televisión por cable utilizando tecnología FTTH, actualmente existe una demanda creciente de estos servicios en los sectores aledaños donde no tiene cobertura, y las empresas que actualmente están en el mercado no ofrecen el plus de una grilla de canales de TV, adicional a sus planes de servicio.

El mercado saturado donde actualmente Efinet – TV ofrece sus servicios compite directamente con empresas nacionales que brindan los mismos servicios, por lo que se necesita expandir su cobertura a lugares donde la señal de datos, audio y video combinados garanticen calidad y estabilidad en los servicios ofrecidos.

#### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La empresa Efinet – TV ha experimentado un impacto comercial por el alto número de ISP ubicados en el sector donde actualmente presta sus servicios. Por lo que se ha visto en la necesidad de expandir su red a otros sectores donde aún no presten los servicios que una red convergente puede garantizar.

La ventaja de la empresa es que puede transportar los servicios de internet y televisión por fibra óptica desde su nodo principal ubicado en la parroquia de Guayllabamba, hasta el nodo que estará ubicado en Yaruquí, expandiendo su cobertura para prestar sus servicios no solo en este sector sino en los que se encuentren aledaños al mismo.

#### **1.3. ANTECEDENTES**

El servicio de internet fijo, en nuestro país ha tenido un crecimiento exponencial en varios sectores, por lo que el mercado para los ISP también ha tenido un aumento gradual, según el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información y Comunicación [5]. Según la información recopilada por la ARCOTEL, alrededor del 42% de los hogares ya cuentan con internet fijo cerca de 1.8 millones de suscriptores, número que va en aumento ya que muchas empresas han optado por el teletrabajo por diferentes motivos.

Si bien los servicios de internet por radio han sido la opción de viabilidad alternativa para los suscriptores, un medio físico resulta tener mayor confiabilidad de la estabilidad de las señales transmitidas, por lo que la tecnología de fibra óptica ha llegado a marcar un punto crucial para las redes en nuestro país, representan el 45.39% del total de cuentas de este servicio que ascienden a 2'312.024 implementado a nivel nacional, 5 de cada 10 hogares en Ecuador cuentan con acceso a internet fijo (MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN, 2016-2021).

Por lo que se ha determinado que la fibra óptica como medio de transmisión ofrece la posibilidad de transmitir datos a altas velocidad y otras señales como audio y video sin que se vea afectada por interferencias electromagnéticas. Conjuntamente con las tecnologías PON (Passive Optical Network), se integran equipos que permiten realizar el envío de estas señales para llegar al suscriptor, volviendo así su implementación más económica.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Implementar un diseño de red GPON desde un nodo ubicado en la parroquia de Yaruquí para ofrecer los servicios de internet y televisión en el sector y sus alrededores.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un estudio del sector donde se implementará la red GPON para determinar la factibilidad técnica y comercial.
- Diseñar un esquema de topología de red GPON que contemple la cantidad de clientes a la que se proyecta la empresa y posibles futuras expansiones para los próximos 10 años.
- Implementar el esquema de red GPON, en base al diseño propuesto.

- Analizar los resultados de las pruebas de potencia y calidad de servicio como cliente.

## **1.5. METODOLOGÍA**

Inicialmente se realizará una investigación observacional del sector donde se va a implementar la red GPON, por lo que es necesario un estudio global de todos los parámetros a considerar para el levantamiento de la información.

Utilizando un estudio descriptivo de las fuentes de material impreso de datos de los proveedores de fibra óptica, se analizará cual es la mejor opción para la implementación de la red.

Una vez reunida la información geo-referencial de donde irá la fibra óptica se realizará el diseño correspondiente que va a implementarse. Luego de haber realizado el diseño se presentará la información correspondiente y necesaria de los materiales que se utilizarán para el desempeño de la red.

La investigación experimental en el transcurso de la construcción de la red, permitirá un estudio descriptivo de los equipos de borde que van a ser utilizados para dar la conectividad y llevar los correspondientes servicios que se quiere ofertar en el sector.

Adquiridos los equipos se realizará la respectiva configuración procedimental para verificar la conectividad desde el nodo central ubicado en Guayllabamba hasta el nuevo nodo que va a estar ubicado en Yaruquí.

Se procederá a realizar las pruebas como cliente final, para verificar que las potencias que están llegando son las adecuadas para el trabajo en sí a realizar. Realizadas las pruebas de conectividad, una investigación cuantitativa, utilizando técnicas de entrevista personal o vía telefónica nos permitirá saber la experiencia que están teniendo los clientes con el servicio al cual se suscribieron.

## CAPÍTULO 2

### 2. SITUACIÓN ACTUAL Y ESTADO DEL ARTE

Los avances más importantes de las telecomunicaciones se centran en el medio para el envío de la información; en la década de 1970 se logró transmitir luz en forma de ondas electromagnéticas, desde esta fecha empiezan a desarrollarse los sistemas de comunicación dando como resultado la utilización a nivel mundial de la Fibra Óptica como una mejor opción para la transmisión de la información.

La actual demanda de ancho de banda para mejorar la velocidad y rendimiento de la transmisión de la información, han motivado a la utilización de nuevas tecnologías que permitan además integrar servicios de nueva generación como triple – play, interconexión de redes, audio y video en vivo, entre otros. El ejemplo más claro para la transmisión de estos servicios es la fibra óptica, como uno de los medios de transmisión más avanzados que actualmente se utiliza.

Las redes que integran múltiples servicios, son redes convergentes que al día de hoy han mostrado ser las más indispensables por la capacidad que ciertos servicios requieren, algunos de ellos en tiempo real; la fibra óptica toma lugar para satisfacer esas necesidades y mantener calidades de servicio que satisfagan los requerimientos de usuarios corporativos y residenciales como transmisión de datos, Voz sobre IP, audio y video entre otros.

#### 2.1. Sistemas de Fibra Óptica

##### 2.1.1. Estructura

La Fibra Óptica (FO), es una guía de onda dieléctrica, que se propaga en modo de polarización Transversal-Eléctrica (TE) o en modo Transversal-Magnética (TM). Es un filamento compuesto por un núcleo dopado (core) de vidrio o de plástico con un índice de refracción alto ( $n_1 \cong 1.5$ ), recubierto de un manto (cladding) de vidrio o de plástico cuyo índice de refracción es menor ( $n_2 < n_1$ ), y un último revestimiento, envoltura o jacket (plastic coating) (Arévalo, 2022).

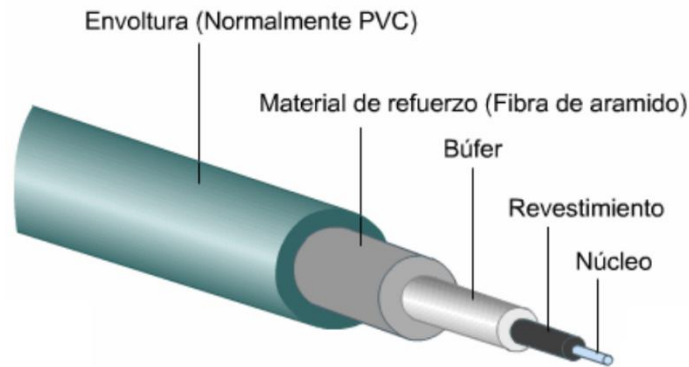
Figura 1. Estructura de fibra óptica



Estructura interna de una fibra óptica, (Arévalo, 2022).

Adicionalmente las fibras vienen cubiertas de un material de refuerzo rodeando el ultimo revestimiento, por ejemplo, fibra de aramida (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Figura 2. Material de refuerzo de la fibra óptica



Material protector de una fibra óptica, (Cevallos R. Ramiro, 2010).

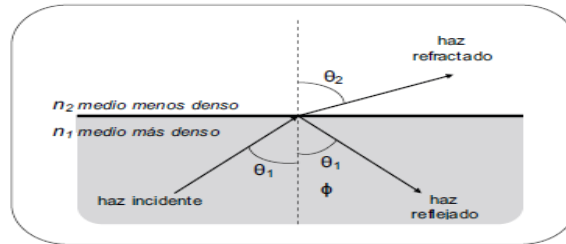
### 2.1.2. Principio de transmisión

La información se transmite mediante rayos o pulsos de luz a través de la fibra óptica, modulando los parámetros de la misma según la información. El principio para la transmisión a través de la fibra óptica se lo conoce como reflexión total interna  $\Gamma$  o TIR (Total Internal Reflection), que nos permite evaluar la cantidad de energía reflejada y la transmitida cuando una onda pasa de un medio a otro en un sistema dieléctrico (Arévalo, 2022).

Para que pueda viajar el pulso de luz a través del núcleo de fibra óptica, nada debe transmitirse por el manto, todo debe reflejarse, es decir:  $\Gamma=1$ , por lo que se supone que la energía se propague paralelamente al núcleo del manto, lo que es imposible (Arévalo, 2022).

En la práctica el pulso de luz que viaja por la fibra óptica continuamente está rebotando entre el núcleo y el manto.

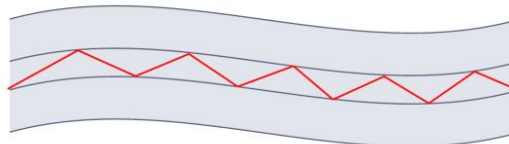
Figura 3. Reflexión de un pulso de luz.



Reflexión de un pulso de luz al incidir sobre un medio dieléctricos, (Cevallos R. Ramiro, 2010).

El pulso de luz incide en dos medios con diferente índice de refracción, y este es refractado o reflejado entre los dos medios; el pulso de luz se confina dentro del núcleo de la fibra óptica (aun cuando el manto también es vidrio translúcido), y se propaga por la misma de a través de una determinada distancia:

Figura 4. Propagación de un pulso de luz en la fibra óptica



Pulso de luz que se propaga en el interior de una fibra óptica, el ángulo de incidencia al golpear la interfaz núcleo-manto, es mayor que el ángulo crítico, (Arévalo, 2022).

### 2.1.3. Tipos de Fibra Óptica

#### 2.1.3.1. Fibra óptica multimodo

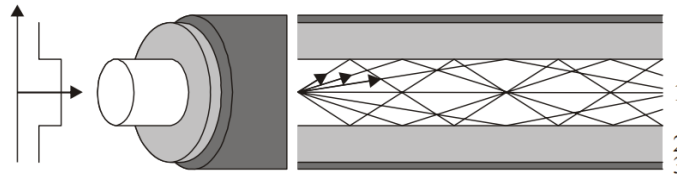
En el interior de la fibra óptica se pueden transmitir múltiples rayos de luz, con diferente modo de propagación, debido a su gran tamaño tiene mayor tolerancia a conexiones de menos precisión. El diámetro del núcleo normalmente varía entre los 50 y 100 micrones y su manto entre los 125 y 140 micrones (Cevallos R. Ramiro, 2010).

##### a. Multimodo de índice escalonado

En este caso el índice de refracción en el núcleo y el manto es constante pero diferente entre sí. Por lo que los rayos viajarán a la misma velocidad dentro del núcleo, pero seguirán diferentes trayectorias y tiempos de llegada, en consecuencia, llega disperso a la

salida, conocido como el fenómeno de dispersión modal que es acumulativa y reduce el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer, reduciendo la velocidad de transmisión (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Figura 5. FO multimodo con índice escalonado

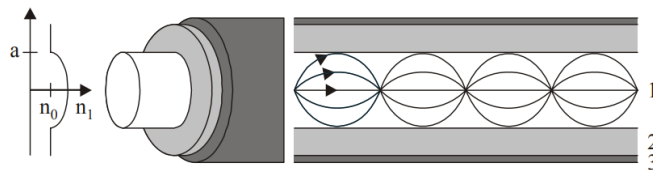


Propagación de haces de luz en una FO multimodo con índice escalonado, (International Telecommunication Union, 2009).

#### b. Multimodo de índice gradual

En este tipo de fibra óptica el índice de refracción del núcleo varía gradualmente, disminuyendo a medida que se aleja de núcleo, las trayectorias de los haces son curvas, no rectas, por lo que la luz viaja a diferentes velocidades dentro del núcleo, pero llegan en tiempos aproximadamente iguales, reduciendo el fenómeno de dispersión modal, lo que conlleva al aumento del ancho de banda y velocidades de transmisión muy altas (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Figura 6. FO multimodo de índice gradual

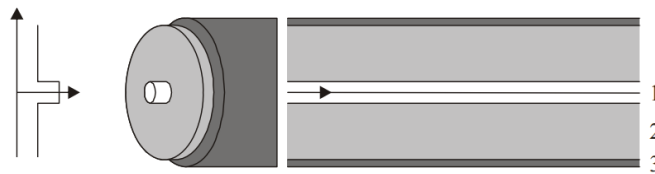


Nota. Propagación de los haces de luz en la FO multimodo de índice gradual, (International Telecommunication Union, 2009).

#### 2.1.3.2. Fibra óptica monomodo

El diámetro del núcleo se reduce hasta el orden de los 4 a 10 micrones, por lo que en este caso solo un rayo de luz se propaga en línea recta por el interior del núcleo. Produciendo así que el fenómeno de dispersión modal prácticamente desaparezca, lo que causa incrementos notablemente significativos en velocidad de transmisión a mayores distancias; por su tamaño de diámetro en el núcleo es necesario herramientas de mayor precisión que garanticen pérdidas muy bajas (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Figura 7. FO monomodo









Propagación de los de luz en la FO monomodo, (International Telecommunication Union, 2009).

La fibra óptica monomodo se utiliza en base consideraciones que la recomendación ITU-T 6.652D “Standard for non-dispersion shifted single-mode fiber” define, en este caso su entorno de operación a 1310 nm de longitud de onda. Para un rango mayor de longitud de onda de 1530 nm a 1565 nm toma a consideración la recomendación ITU-T G.655C “Standard for non-zero dispersion-shifted singlemode fiber” (Manual CNT).

La Figura 8. describe de manera general los tipos de cable de fibra óptica y sus posibles aplicaciones.

Figura 8. Tipos de fibra óptica

NOMBRE / IMAGEN	DESCRIPCION	APLICACIÓN	CAPACIDAD
 LOOSE TUBE	Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), maguera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de una elemento central	Redes acometidas canalizadas, áreas con sijección y directamente enterrada	Manejan altas capacidades de cables (6 a 96 hilos)
 CENTRAL LOOSE TUBE	Contienen un solo buffer central	Recomendados para redes acometidas canalizadas	Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos
 AEREOS - ADSS	Puede ser tipo loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas	Se utiliza para tendido aéreo	Manejan altas capacidades de cables (6 a 96 hilos)
 AEREO - FIGURA 8	Su nombre se debe a su forma física. Consta de una mensaje de acero pegado al cable (cubierto por la misma chaqueta)	Se utiliza para tendido aéreo	Manejan altas capacidades de cables (6 a 96 hilos)
 CABLE PLANO	Es de forma ovalada-plana, facil manipuleo, liviano. Suele ser tipo central loose tube	Se utiliza para acometidas	Bajas capacidades de cables hasta 24 fibras
 PATCHCORDS	Se constituye por un hilo de fibra óptica con una chaqueta de 2 mm y 2 conectores en los extremos	Los patchcords conectan el ODF con el equipo activo (uso interior)	2 Fibras
 PIGTAILS	El pigtail es un hilo de fibra con una cubierta de 900 um sus longitudes son vareables y pueden tener cualquier tipo de adaptador	Se fusiona con un hilo de cable de FO y se conecta a un adaptador del ODF, tiene un conector solo en uno de sus extremos	1 Fibra

Tipos de fibra en base a su forma física, (Cevallos R. Ramiro, 2010).

## 2.1.4. Problemas de la fibra óptica

### 2.1.4.1. Atenuación

Representa la relación entre la potencia a la salida y a la entrada de la fibra óptica. Se hace presente con la pérdida o disminución de la potencia de la señal de fibra óptica a la salida conforme la distancia aumenta. Se representa con la unidad en dB/Km, que es igual a la pérdida de luz por kilómetro, lo que da como consecuencia una reducción del ancho de banda, velocidad de transmisión y capacidad del sistema de fibra óptica.

Se destacan principal dos tipos de pérdidas:

a. Pérdidas por absorción

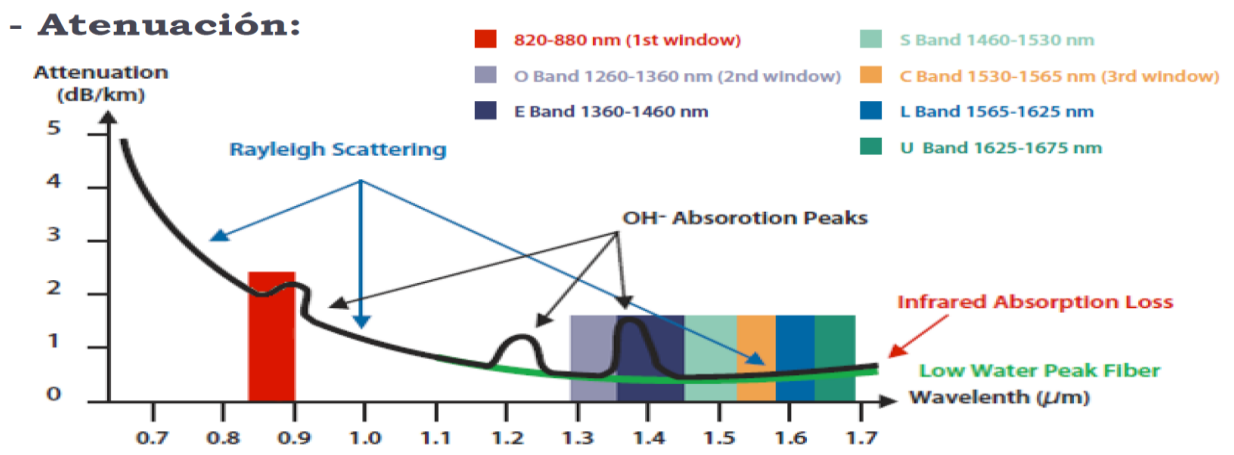
Se producen por las impurezas que contiene la fibra óptica al momento de su fabricación, que causa que absorban la luz por el medio donde se transmite y la convierte en calor.

b. Pérdidas por dispersión

Se presentan en las irregularidades físicas de la fibra, las que causan los cambios en el índice de refracción; cuando el índice de refracción cambia, la luz se dispersa parte de ella se difracta en la cubierta de la fibra.

Pero este tipo de atenuación mejora el desempeño de las señales que se encuentran en una determinada longitud de onda dentro del espectro electromagnético denominadas ventanas.

Figura 9. Ventanas de atenuación de la fibra óptica



Atenuación en (dB/km) de la fibra óptica en función de la longitud de onda, (Arévalo, 2022).

#### **2.1.4.2. Dispersión**

Es directamente proporcional a la distancia, por lo que a mayor distancia se genera una dispersión más significativa, lo que se traduce en el ensanchamiento del pulso de luz durante la transmisión dentro de la fibra óptica, se expresa en ns/km que define la capacidad máxima por unidad de longitud, que se transmite en una fibra óptica (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Existen tres tipos de dispersión:

##### **a. Dispersión cromática CD**

Diferentes longitudes de onda se propagan a diferentes velocidades, se evalúa en ns y tiene que ver específicamente con el ancho espectral de las fuentes de luz, que modifica las componentes frecuencias de un pulso de luz que hace que no viajen a la misma velocidad dentro de la fibra óptica (Cevallos R. Ramiro, 2010).

##### **b. Dispersión intermodal**

Los rayos de luz se propagan a diferentes velocidades dentro de la fibra óptica, lo que hace que el pulso se disperse, debido a la diferencia de tiempos en la fibra multimodo estos rayos toman diferentes trayectorias entre si lo que podría llegar a inferir con los pulsos adyacentes lo que se conoce también como ISI (Interferencia entre Símbolos), en consecuencia, incrementa el BER (Bit Error Rate) del sistema de fibra óptica (Cevallos R. Ramiro, 2010).

##### **c. Dispersión dependiente del modo de polarización (PMD)**

Solo se observan en fibras monomodo, la asimetría de la sección de la fibra óptica a lo largo de la misma, provoca diferentes velocidades por los diferentes índices de refracción y distintos tiempos de llegada (Cevallos R. Ramiro, 2010).

### 2.1.5. Ventajas y desventajas de la fibra óptica

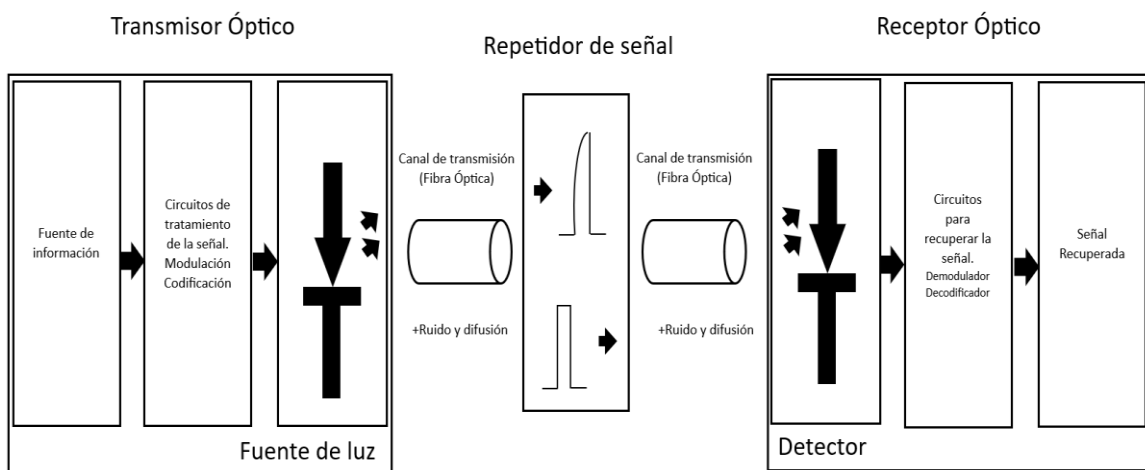
Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso de la fibra óptica

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Tienen mayor capacidad de ancho de banda.	El proceso de transformación de luz a información conlleva a inversiones altas en equipos.
Inmunes a interferencia electromagnéticas, no tiene campos magnéticos.	Los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo de este tipo de sistemas son más costosos.
Inmunidad estática causada por fuentes o ruidos eléctricos, no conduce electricidad ni irradia energía.	Al ser su elemento principal de material muy frágil, es propenso a rupturas o fisuras, lo que con lleva a realizar empalmes en campo que en ciertos casos suelen ser muy complicados.
Es más seguro ya que la información está contenida en el núcleo y no es posible acceder a los datos transmitidos.	
Son más resistentes a los constantes cambios climáticos lo que le da un mayor tiempo de vida útil.	
Se ven menos afectados por líquidos corrosivos o gases volátiles.	
Se pueden expandir fácilmente si están bien diseñados y por su larga vida de duración.	
Su peso es notablemente inferior a los cables metálicos por la cantidad de información capaz de transmitir.	
Los materiales para su fabricación son abundantes en la naturaleza.	

## 2.2. Sistemas de comunicación de fibra óptica

Un sistema de comunicación de fibra óptica se forma por un bloque de tres elementos: el transmisor, la guía de fibra óptica y el receptor. El transmisor generalmente está conformado de circuitos de tratamiento de la señal de información (Modulación-Codificación), una fuente óptica (fuente de luz) y un adaptador para esa fuente, el canal de transmisión que es la guía de fibra óptica propiamente dicha y el receptor que integra un detector de la fuente de luz de la fibra óptica, al igual que un circuito para recuperar la señal enviada (Demodulador-Decodificador) y recibir la información.

Figura 10. Diagrama de bloques sistema de comunicación óptica.



Sistema de comunicación de fibra óptica, (Keiser, 2003).

### 2.2.1. Fuentes de luz

Las fuentes de luz son dispositivos semiconductores con uniones P-N, como el LED (Light Emitting Diode) el LÁSER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). La emisión de luz determina la longitud de onda acorde a las ventadas de trabajo de la fibra óptica (Cevallos R. Ramiro, 2010).

#### 2.2.1.1. Diodo LED (Light Emitting Diode)

Es uno de los elementos más utilizados dentro de las comunicaciones de fibra óptica. Se utiliza en redes LAN o enlaces menores a 1Gb/s. La luz generada es incoherente; emplea

longitudes de onda de 850 nm o 1300nm en fibras ópticas de vidrio multimodo (Arévalo, 2022).

Tabla 2. Ventajas y desventajas diodo LED

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Tiene un tiempo de respuesta más elevado que los LASER. Es mucho más estable que el LASER.	Es un sistema de generación de fotones no 100% eficiente. No toda la corriente eléctrica que se inyecta genera fotones.
La vida útil es mayor y no reduce la potencia con el envejecimiento.	La recombinación no radiactiva no emite fotones, la energía liberada por la recombinación es reabsorbida.
Por su sencillo diseño son más eficientes para aplicaciones de bajo costo.	

### **2.2.1.2. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)**

Su funcionamiento se basa en fuentes de luz coherente internamente está constituido por una cavidad resonante denominada cavidad Fabry-Perot, además de dos espejos ópticos del arreglo del semiconductor, en cada espejo la mayor parte de los fotones se refleja solo una pequeña parte de escapa, en la región activa de la cavidad hay ganancia de fotones, y en la región pasiva no hay ganancia de fotones (Arévalo, 2022).

Tabla 3. Ventajas y desventajas LASER

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
La potencia de un diodo LASER es más alta de que de un diodo LED.	El diodo LASER se ve afectado notablemente por el aumento de temperatura, reduce la potencia emitida, aumenta el corriente umbral hasta provocar el daño total de dispositivo.
Trabajan con tasas de transmisión mucho más altas que el diodo LED, por su ancho espectral más delgado.	
Tiene un tiempo de respuesta menor al LED.	Su diseño es más complejo por lo que sus costos son más elevados.

El diodo LASER varía de acuerdo a su estructura:

- Láser FP (Fabry-Perot)
- Láser DFB (Distributed Feedback – Bragg Reflector)
- Láser DBR (Distributed Bragg Reflector)
- Láser VHG (Volume Holographic Grating)
- Láser híbrido de ruido ultra-bajo (Hybrid Ultra-low-noise)
- Láser ECL (External Cavity Laser)
- VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)

### **2.2.2. Receptores ópticos**

Son fotodetectores o fotodiodos semiconductores capaces de detectar el pulso luminoso que llega desde el extremo opuesto de sistema de fibra óptica, este proceso es inverso a las fuentes de luz, es decir convierte nuevamente en la señal en información en formas de 1 y 0, para ser enviado a cualquier tipo de dispositivo electrónico (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Las propiedades deseables en un detector de luz son:

- Sensibilidad alta a la ventana de operación
- Rápido tiempo de respuesta
- Pequeña área para tener poca capacitancia, pero suficiente para acoplar la fibra óptica.
- Ruido interno mínimo
- Alta confiabilidad

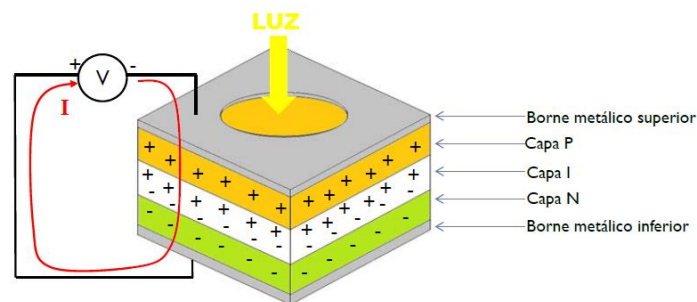
Los más utilizados en los sistemas de comunicación de fibra óptica son los fotodiodos PIN (P-Intrinsic-N) y APD (Avalanche Photo Diode) (Arévalo, 2022).

### 2.2.2.1. Fotodiodo PIN (*P-Intrinsic-N*)

Son los más comunes en los sistemas de comunicación óptica por su tiempo de vida útil y el uso de bajas tensiones para su funcionamiento, están formados de una capa intrínseca de material semiconductor ligeramente contaminado en medio de dos capas de material semiconductor, una de tipo N y otro tipo P (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Al polarizar inversamente al fotodetector, se incrementa la región de reducción de energía (la “depletion region”) en la región intrínseca donde se ha formado un campo eléctrico, disminuye la capacitancia y la respuesta en frecuencia; este proceso genera pares electrón-hueco denominados fotoportadores (Arévalo, 2022).

Figura 11. Fotodiodo PIN polarizado



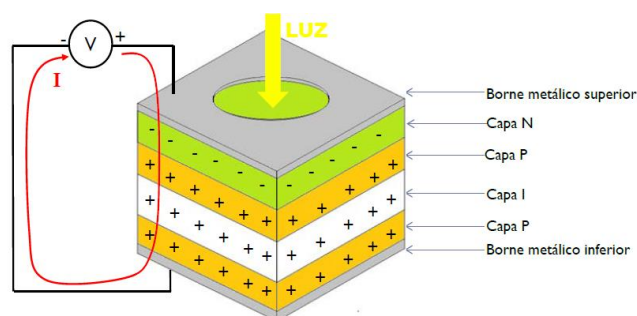
(Arévalo, 2022)

### 2.2.2.2. Fotodiodo APD (*Avalanche Photodiode*)

Su principio de funcionamiento se basa en la multiplicación de portadores en avalancha, es decir si el fotodetector aumenta el voltaje de polarización acumula mayor energía cinética que resulta en ganancia de corriente (antes de la destrucción del dispositivo), por lo que su sensibilidad aumenta.

Su principal característica es que es más sensible que el fotodiodo PIN, detecta niveles de señal más débiles evitando la necesidad de amplificadores, por lo que son ideales para distancias más largas. Se polariza inversamente con voltajes típicos de 40 V a 400 V.

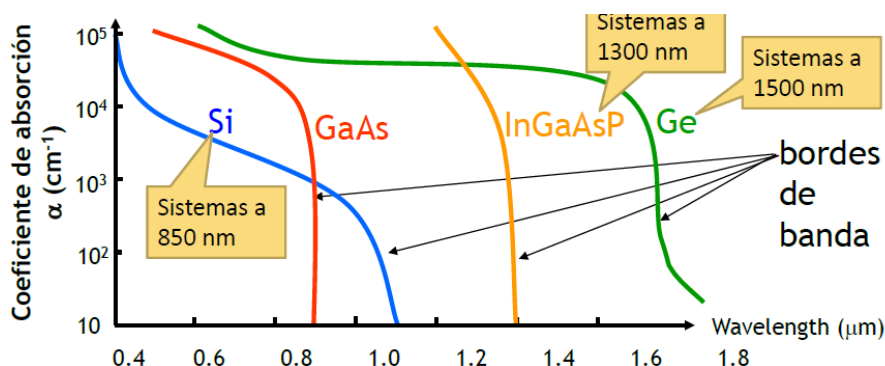
Figura 12. Fotodiodo APD polarizado



(Arévalo, 2022)

Es importante resaltar el tipo de material (o combinación de materiales) con el que está formado el fotoreceptor, ya que de este depende la ventana de operación a la que está trabajando. Es recomendable hacer trabajar a un material cerca de su borde de banda (band Edge), porque en esa región se tiene el menor ruido térmico (Arévalo, 2022).

Figura 13. Elemento de fabricación y longitudes de onda de la fibra óptica



Coefficiente de absorción en función de la longitud de onda, (Arévalo, 2022).

### 2.2.3. Dispositivos ópticos pasivos

Son dispositivos pasivos que no necesitan energía para su funcionamiento, generalmente se instalan en un punto intermedio dentro de la red de distribución ODN (Optical Distribution Network), aunque pueden ser utilizados de igual forma al inicio o al final del sistema de comunicación de fibra óptica.

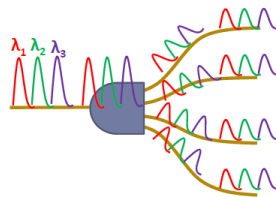
Dependiendo del dispositivo pueden realizar acciones de multiplexación, combinación, división o derivación de la luz, destacando principalmente su fácil mantenimiento (Cevallos R. Ramiro, 2010).

### 2.2.3.1. Divisor óptico (*splitter*)

Un splitter no es un demultiplexor, son divisores de potencia óptica que tienen un puerto de entrada y N puertos de salida, permitiendo n longitudes de onda, divididas en potencia en cada ramal, dando como resultado que múltiples usuarios compartan un mismo hilo de fibra óptica y consecuencia el ancho de banda disponible del mismo.

Al dividir la potencia de entrada se añaden pérdidas que se expresan en dB y esta depende del nivel de splitter, que se calcula con el número de puertos de salida por cada entrada, aproximadamente 3.5 dB por cada nivel de splitter (Arévalo, 2022).

Figura 14. Longitud de onda en un splitter



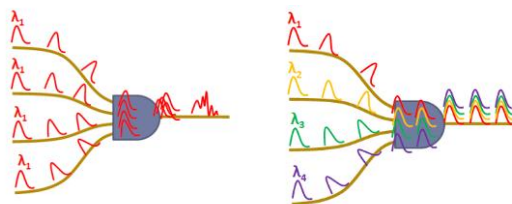
(Arévalo, 2022)

### 2.2.3.2. Acoplador óptico (*combiner*)

Estos dispositivos realizan lo contrario a los splitter, actúan como acopladores o combinadores, se usan para ramificar o combinar señales ópticas, y de igual forma obedecen los mismos parámetros para el cálculo de las pérdidas de potencia.

Cabe señalar que las ondas que ingresan no deben tener la misma longitud de onda ya que estas colisionarían y se perdería toda la información, sucede lo opuesto si las longitudes de onda son diferentes, el combinador multiplexa la señal a la salida y las frecuencias no interferirían entre sí (Arévalo, 2022).

Figura 15. Multiplexación de longitudes de onda en un splitter.



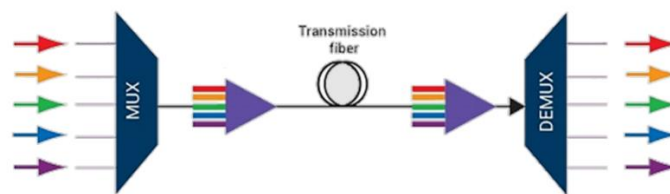
Multiplexación de longitudes de onda iguales figura izquierda, multiplexación longitudes de onda diferentes, (Arévalo, 2022).

#### 2.2.4. Dispositivos ópticos activos

Son dispositivos que para operar necesitan de energía eléctrica, además solo si por ellos atraviesa luz estos realizarán la función de amplificar o modular una señal según sea el caso.

Pueden operar al inicio (booster), en un punto intermedio del sistema de comunicación de fibra óptica (in-line), o al final del enlace (pre-amplifier), con la finalidad de alcanzar lugares remotos para el envío de la información.

Figura 16. Multiplexación y demultiplexación de señales



Multiplexación y demultiplexación de señales, (NeoBroadband.net, s.f.).

##### 2.2.4.1. Amplificador SOA (*Semiconductor Optical Amplifier*)

El amplificador óptico semiconductor funciona bajo el mismo principio de funcionamiento del LASER (generación de ganancia de fotones). Es un semiconductor sin cavidad reflectiva (sin espejos), genera menor ganancia y más ruido en comparación con otros tipos de amplificadores (Arévalo, 2022).

##### 2.2.4.2. Amplificador EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*)

El amplificador de fibra óptica dopada de erbio, se compone de un diodo LASER emisor de luz y una sección de fibra óptica dopada de erbio, este tipo de amplificador presenta altas ganancias, menos ruido, aumento del ancho espectral y permiten amplificar las señales de luz en el rango de los 1530 a 1605 nm, operando esencialmente en Banda C, puede proporcionar ganancias de 20 dB hasta los 50 dB (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Este tipo de amplificador es utilizado principalmente para envío de señales de longitud de onda de 1550 nm, óptima para señales analógicas como audio y video, debido a sus buenas prestaciones para el envío de señales a largas distancias.

#### **2.2.4.3. Amplificador Raman**

Utilizan láseres de bombeo que convierte a la fibra óptica en un medio de transmisión de banda ancha, se logra porque la fibra óptica actúa como un gran amplificador óptico, las longitudes de onda se producen en el extremo del enlace de fibra, viajando en sentido decente o ascendente al mismo tiempo, propagando ganancia sobre las señales que se propagan en su interior.

Su característica principal es que funcionan frecuentemente en la región de los 1300 nm, obteniendo ganancias de hasta 25 dB a una frecuencia de 13.5 THz (Cevallos R. Ramiro, 2010).

#### **2.2.5. Técnicas de multiplexación**

En un sistema de comunicación de fibra óptica la multiplexación permite optimizar el medio de transmisión, toda señal que viaje a través será considerada modulada debido a que esta pasa desde banda base a un valor frecuencial muy alto.

##### **2.2.5.1. WDM (*Wavelength Division Multiplexing*)**

La técnica de multiplexación por división de longitud de onda es muy utilizada en enlaces de larga distancia, permite el envío de mayor cantidad de información por el mismo hilo de fibra óptica, la señal es multiplexada antes de ingresar al medio de transmisión, y en el receptor un demultiplexor separa los canales para que llegue al respectivo dispositivo receptor óptico (Arévalo, 2022).

#### **2.3. Soluciones de acceso con fibra óptica (FTTX)**

El acceso a la tecnología de la fibra óptica como medio de transmisión surge de la necesidad de garantizar la transmisión de varios servicios, en lo que se conoce como redes convergentes. La demanda de este tipo de nuevas tecnologías, obliga la búsqueda de un modelo de red FTTX económicamente fiable y flexible para la integración de nuevos servicios (SISUTELCO, 2020).

Este tipo de redes son totalmente pasivas y dependen del punto de terminación de la red para determinar su topología; donde X simboliza el punto de terminación de la red, definiendo así el tipo de topología.

Figura 17. Esquema de una red FTTX

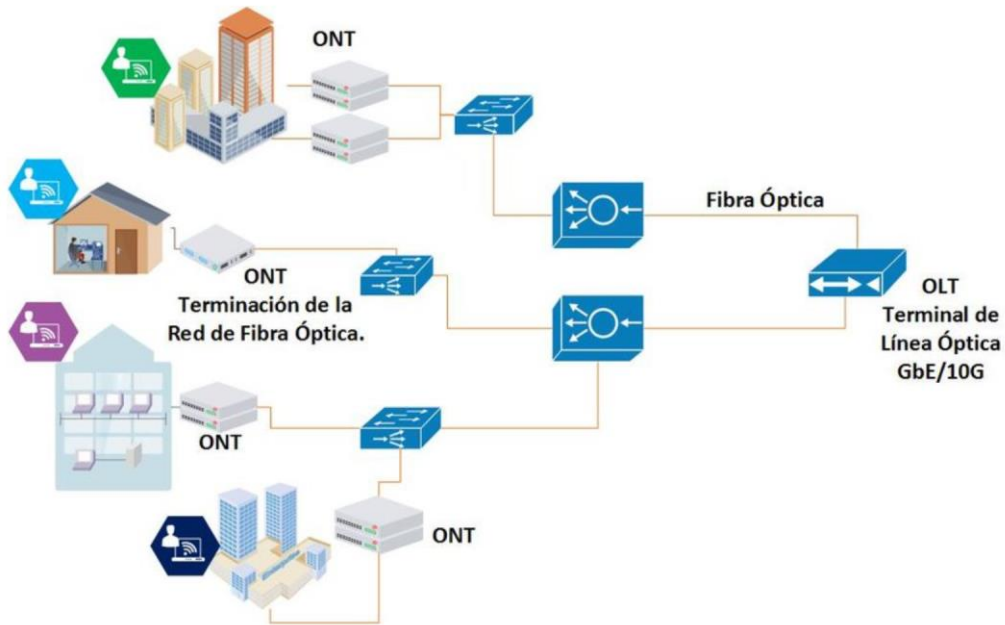


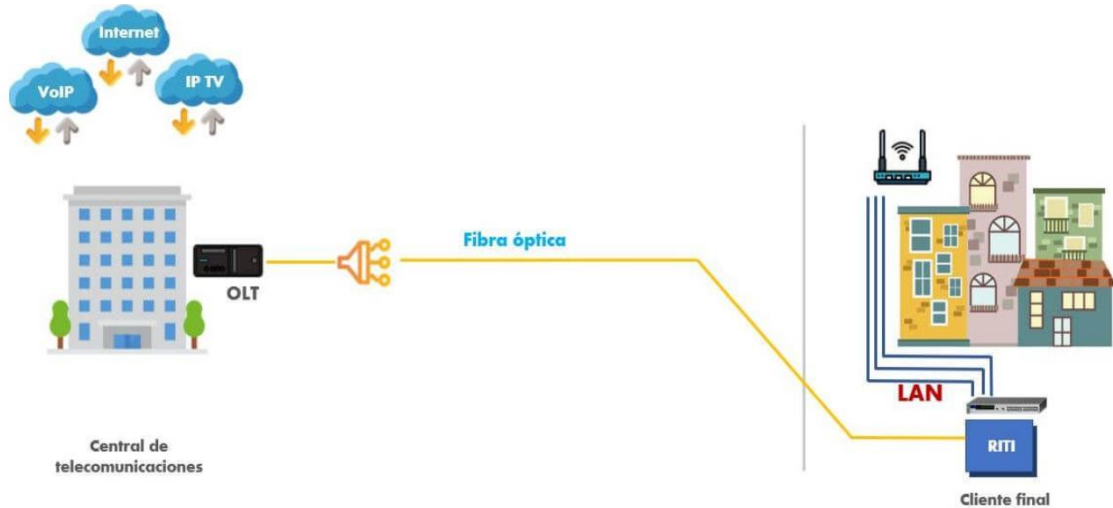
Diagrama de red GPON, (Telnet, 2014).

Su alcance de operación funcional es hasta los 20 Km, permite manejar combinaciones simétricas y asimétricas para velocidad de downlink y uplink.

### 2.3.1. FTTB (Fiber to the Building)

La conexión de red de fibra óptica hasta el edificio se caracteriza por tener una acometida que termina en el interior de un edificio residencial o de negocios; forma parte de la infraestructura existente, generalmente de una red LAN basada en Ethernet con tecnologías de cobre o inalámbricas. Es común su implementación en urbanizaciones residenciales, edificios empresariales, complejos hoteleros, hospitales, etc. (SISUTELCO, 2020).

Figura 18. Esquema de red FTTB



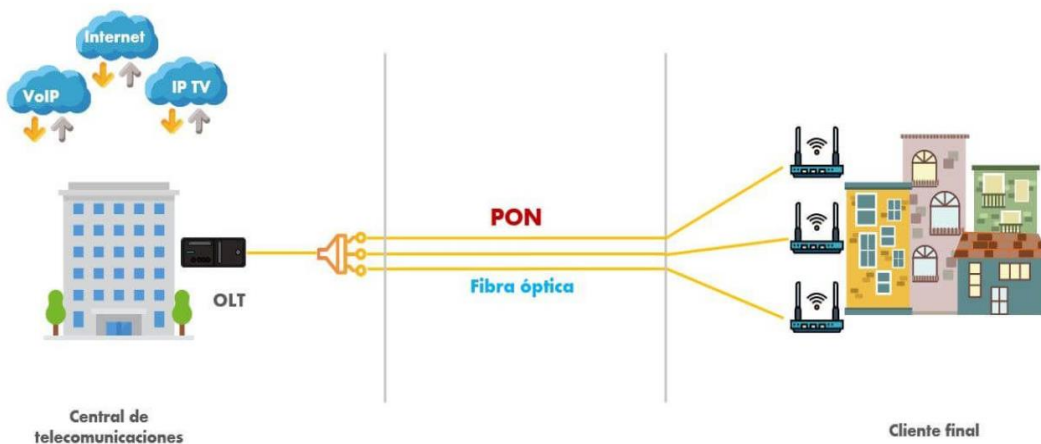
(SISUTELCO, 2020)

### 2.3.2. FTTH (Fiber to the Home)

Esta arquitectura es ideal para el tipo de redes con más alcance en el mercado residencial, la fibra óptica hasta el hogar despliega un tendido desde la oficina central hasta la vivienda del abonado, exclusiva para los usuarios dedicados de una red óptica pasiva (PON).

Para este tipo de enlaces pasivos también se utilizan splitters entre la red de distribución óptica (ODN) y el usuario final; lo que se busca es ofrecer el mayor ancho de banda disponible desde una fibra en el lado de la red y varias fibras del lado del usuario, minimizando el mantenimiento de la red (Leon, 2015).

Figura 19. Esquema de red FTTH

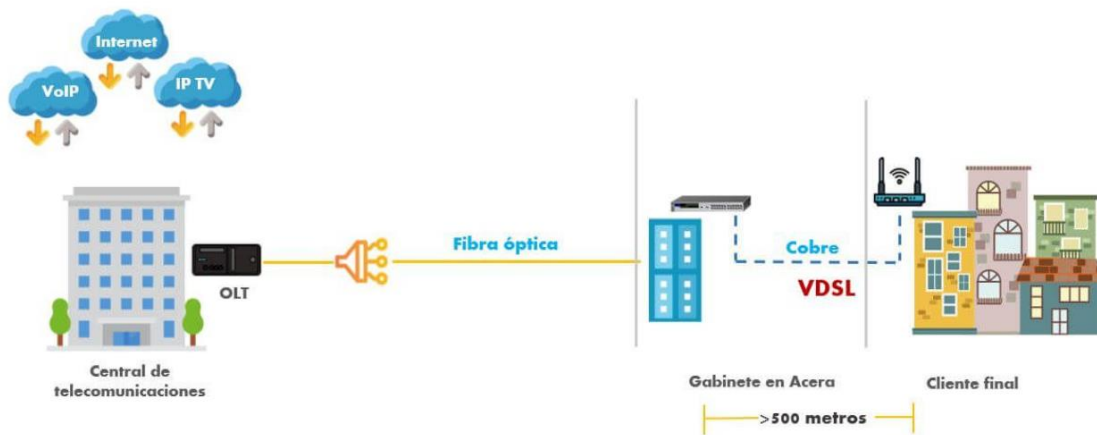


(SISUTELCO, 2020)

### 2.3.3. FTTC (Fiber to the Cabinet)

El empleo de esta arquitectura sirve para interconectar la fibra desde la oficina central hasta un nodo secundario en donde se utiliza un sistema que sirva para dar servicio a edificios, manzanas o áreas residenciales de pequeña extensión; habitualmente se utiliza cable coaxial o par de cobre de telefonía y no debe superar los 500 metros, el número de abonados depende del nivel de división (SISUTELCO, 2020).

Figura 20. Esquema de red FTTC



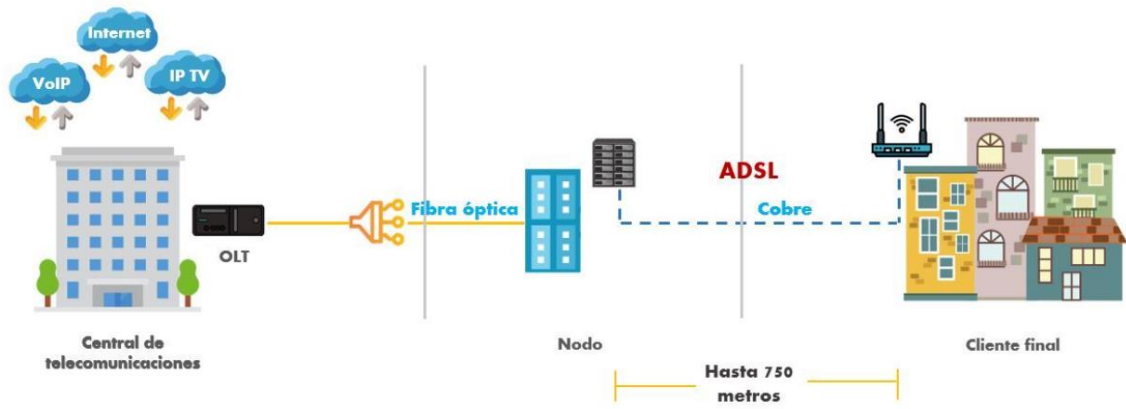
(SISUTELCO, 2020)

### 2.3.4. FTTN (Fiber to the Node/Neighborhood)

La arquitectura de fibra óptica hasta el nodo hace referencia al enlace que va desde la oficina central hasta un nodo intermedio, considerado como una central que integra otro medio de transmisión como el cobre, que da conectividad a pueblos pequeños o barrios.

Se emplea para dar servicio a unos cientos clientes que deben estar dentro del rango de cobertura de alrededor de 1500 metros, la proximidad al nodo y protocolos utilizados determinan las tasas de datos para el envío de la información (Leon, 2015).

Figura 21. Esquema de red FTTN



(SISUTELCO, 2020)

## CAPÍTULO 3

### 3. TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE LA RED ACTUAL – ACCESOS PON

#### 3.1. Redes HFC (Híbrido Fibra y Coaxial)

Efinet – TV actualmente utiliza la tecnología HFC para el transporte de los servicios que ofrece a aproximadamente 1200 abonados. Esta infraestructura funciona perfectamente con redes CATV, es una mejora considerable para el envío unidireccional de señales (desde la oficina central hasta el abonado).

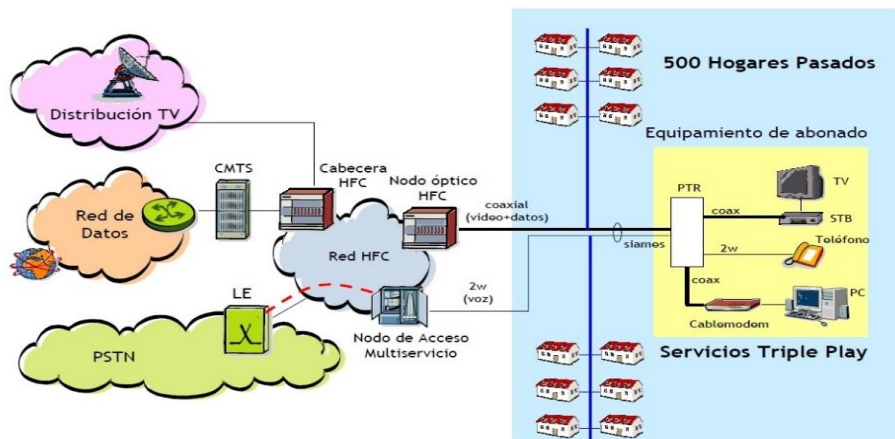
Efinet – TV utiliza la arquitectura HFC para la transmisión de las señales de frecuencia de televisión hasta los abonados; en total son 65 canales transmitidos, cada canal ocupa un ancho de banda de 8MHz (incluye la separación entre canal y canal) del espectro RF.

La tecnología HFC define que se puede manejar enlaces descendentes desde 5 MHz hasta los 862 MHz de ancho de banda y más de 110 canales de 5 MHz hasta los 65 MHz para el enlace ascendente (Leon, 2015).

##### 3.1.1. Arquitectura de Red HFC

La red HFC se define en telecomunicaciones como la transmisión de señales en un enlace que combina la tecnología de la fibra óptica y el cable coaxial. Convencionalmente se componen de 4 términos conocidos en telecomunicaciones como: cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida del abonado.

Figura 22. Arquitectura de Red de Acceso (Hybrid Fibre Coaxial)



(Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga, s.f.)

### **3.1.1.1. Cabecera**

La cabecera HFC de Efinet – TV se encarga de la supervisión y monitoreo constante de la red. Integra un conjunto de elementos que permiten la recepción de señales entre los que se puede mencionar son: 5 antenas parabólicas que apuntan a 5 satélites diferentes para recepción de señales satelitales (canales internacionales y nacionales), 1 antena dipolo para recepción de señales digitales, VHF y UHF, la generación de señales dentro de la misma cabecera (Henry Bolivar, 2005).

La señal receptada se decodifica, modula, combina y transforma en señal análoga, a través de un transmisor óptico que se utiliza para enviar la señal hasta el equipo del abonado.

### **3.1.1.2. Red troncal**

La evolución de la tecnología HFC ha permitido la transmisión de señales de audio y video a los abonados dentro de una red de fibra óptica, al combinar esta tecnología con la de cable coaxial (RG-6). Es aquí donde la señal obtenida en la cabecera, se reparte por todas las ODN que compone toda la red de anillos de fibra óptica de Efinet – TV, que se une a un conjunto de nodos primarios; emplea tecnología SDH para construir redes basadas en ATM (Henry Bolivar, 2005).

### **3.1.1.3. Red de distribución**

Esta encargada de llevar los servicios de Efinet – TV desde la cabecera hasta los usuarios, se compone de dispositivos activos y pasivos hasta llegar al abonado. Algunos de los elementos que componen esta red como el receptor óptico (convertidor óptico), amplificadores (EDFA) y elementos pasivos de la red ODN. Cabe mencionar que Efinet – TV mantiene un área de cobertura con una estructura tipo bus de coaxial, que alimenta alrededor de 100 abonados.

#### 3.1.1.4. *Red de acometida*

Es la red final con el abonado, se caracteriza por ser el último tramo antes de la base de conexión, para el entorno práctico Efinet – TV utiliza rosetas ópticas (Anexo 1) por estética y para tener una mejor señal en el abonado.

### 3.2. Tecnologías de redes PON (Pasive Optical Network)

Una red óptica pasiva PON, es la respuesta a la alta demanda de ancho de banda y redes avanzadas, definida como una red punto multipunto, integra elementos pasivos desde la oficina central hasta el abonado.

Este tipo de tecnología es muy atractiva para los IPS como Efinet – TV, garantiza altas velocidades de transmisión de datos y servicios triple – play, cumpliendo con una de las características de redes convergentes.

La implementación de este tipo de redes permite en el caso de Efinet – TV, la asignación de mayor ancho de banda al igual el envío de señales de audio y video para el abonado final.

La tipología del núcleo de red PON que utiliza Efinet – TV, se conforma de manera general de varios elementos que permiten transmisión de información en los enlaces ópticos:

- Una **OLT** (Optical Line Terminal) utiliza una longitud de onda de 1490nm y está conectada simultáneamente con múltiples unidades de red ópticas **ONUs**, amplificadores de fibra óptica dopada de erbio **EDFA** (Erbium Doped Fiber Amplifier) para la transmisión de señal video analógica en la longitud de onda de 1550 nm.
- Elementos pasivos de ramificación óptica (splitters) a lo largo de la **ODN**.
- Cajas de distribución óptica **NAPs** (Network Access Point), donde se encuentran los puertos y empalmes ópticos entre la red de distribución óptica **ODN** (Optical Distribution Network), para dar servicio a un abonado.
- Las unidades de red óptica **ONUs** (Optical Network Unit) o también conocidas como **ONTs** (Optical Network Terminals) que operan en la longitud de onda de

los 1310 nm, funcionan bajo la arquitectura de FTTH y son dispositivos que proporcionan a la interfaz del abonado, el acceso a sistemas de transmisión de acceso óptico que se conectan a la **ODN** de Efinet – TV.

### **3.2.1. APON (Asynchronous Transfer Mode Over PON)**

El primer esquema PON, redes ópticas pasivas ATM A-PON que se definen en la recomendación de ITU-T G.983.1 en el año de 1998. Especifica un modo de transmisión asíncrono como su protocolo de capa de enlace de datos (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Los sistemas APON utilizan el estándar ATM como portador y se adecua a distintos tipos de arquitectura como FTTH, FTTB y FTTC. La transmisión de datos se da por un canal de bajada en ráfagas que van a una tasa de 155.52 Mbps tanto ascendente como descendente y se reparten entre el número de abonados que están conectados a las ONTs. Para el canal de subida la trama se compone de 54 celdas ATM en las cuales dos celdas PLOAM (Capa física operación de administración y mantenimiento), se destinan para obtener la información de los destinos de cada celda al igual que la información para procesos de mantenimiento y operación de la red (Valverde, 2018).

### **3.2.2. BPON (Broadband PON)**

El esquema PON de banda ancha es un estándar basado en APON, pero da soporte a estándares de banda ancha más grande, incluyendo el Ethernet y opera en distancias de hasta 20 km. Se emplea la recomendación ITU-T G.983.3 del año 2001. Su principal desventaja es su costo elevado de implementación y sus limitaciones técnicas. Alcanza velocidades simétricas de 155 Mbps y asimétricas de 622 Mbps downlink y 155 Mbps uplink (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Típicamente el esquema de este tipo de sistemas define a la oficina central conectándose a diferentes abonados utilizando dispositivos pasivos (splitters) que dividen estas señales a los abonados. Soporta hasta un máximo de 32 niveles de división es decir hasta 32 ONTs; para la transmisión descendente emplea la multiplexación WDM y para la ascendente multiplexación TDM (Cevallos R. Ramiro, 2010).

### **3.2.3. EPON (Ethernet PON)**

Es el estándar IEEE 802.3ah configurado por un grupo de estudio de la IEEE, que define una arquitectura que a diferencia de las anteriores no transporta celdas ATM sino directamente tráfico nativo Ethernet.

Se volvió muy interesante ya que optimizaba considerablemente el tráfico IP en comparación a los ineficientes sistemas basados en ATM. IEEE 802.3ah especifica una arquitectura EPON en términos de capa física (Valverde, 2018).

### **3.2.4. GPON (Gigabit-capable PON)**

Se aprobaron en el año 2004 las redes que tengan la capacidad de Gigabit y se definen bajo las recomendaciones de la Unión Internaciones de las Telecomunicaciones ITU-T G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4 publicaciones que especifican su arquitectura, redes flexibles que soportes los requisitos de banda ancha y como mantener una ODN (Cevallos R. Ramiro, 2010).

Es una evolución del estándar BPON. El estándar ITU-T G.984 o Gigabit PON (G-PON) soporta tasas de transmisión hasta 2.48 Gbps downstream y 1.24 Gbps upstream de velocidad para ATM y 1 Gbps para Ethernet, seguridad mejorada con el estándar de cifrado avanzado AES (Estándar de Encriptación Avanzado) y elección del protocolo de capa 2 (ATM, GEM; Ethernet); proporciona velocidades muy altas para los usuarios, hasta 100 Mbps dedicado para cada línea de abonado, que depende de parámetros como la cantidad de abonados y la calidad de los equipos que se usen. Se utiliza una categoría C++ en los módulos PON, trabaja hasta con 64 ONUs conectadas simultáneamente a un mismo puerto (Leon, 2015).

La tecnología GPON que utiliza la empresa Efinet – TV ofrece la capacidad de enviar múltiples servicios conocidos actualmente y nuevos que se integran a tecnologías que demandan ancho de banda por parte de los abonados residenciales y empresariales. Soporta varios niveles de splitter en la capa de transmisión de convergencia de 1:64 hasta 1:128; principalmente manejan dos tipos de velocidades de transmisión: 1.2 Gbps upstream / 2.4 Gbps downstream, siendo una de ellas las más utilizadas.

Utiliza multiplexación WDM, que permite que la información viaje en sentido ascendente y descendente en la misma fibra óptica, GPON es un modelo flexible y escalable, pero tiene un grado de complejidad al momento de ser implementado y ofrece:

- Factibilidad en la gestión, operación y mantenimiento, desde la OLT a la ONT del abonado.
- Enlaces de operación de hasta 20 km.
- Redes convergentes, soporte global multiservicio, incluyendo voz (TDM, SONET, SDH), Ethernet, ATM, Frame Relay, etc., mediante el uso de método de encapsulación conocido como GEM (GPON Encapsulation Methode).

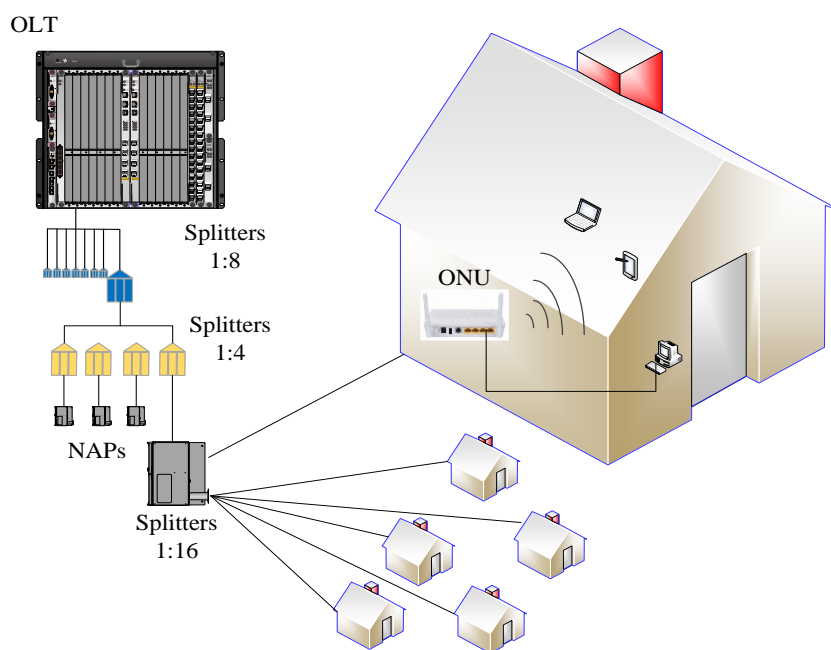
### **3.3. Generalidad de la Red de Distribución Óptica de Efinet-TV**

La arquitectura actual de la red reduce costos de construcción y es más escalable para futuras expansiones que la red requiera. La ODN de Efinet – TV integra un conjunto de elementos pasivos que interconectan la OLT de la oficina central con la ONT del abonado, el enlace actual se compone de un tramo inicial de fibra óptica denominado red feeder o trocal, conformado por dos niveles de splitter, el primero de 1:8 y el segundo de 1:4 lo que genera una pérdida de 17.5 dB que garantiza un presupuesto óptico aceptable para la red de distribución del enlace.

Los niveles de splitter se planificó atender en cada NAP de 8 ha 16 abonados (revisar Anexo 2) y en base a los niveles de splitter, cada puerto PON de la OLT transmite hasta un máximo de 128 abonados, pero actualmente se mantiene en un tope de 64 abonados, actualmente la OLT que utiliza la empresa tiene 4 tarjetas PON de 16 puertos cada una, dando un total de 64 puertos GPON, aproximadamente tiene una capacidad de 4096 ONUs y hasta 16384 posibles líneas de comunicación.

El dimensionamiento de la OLT que Efinet – TV mantiene en operación garantiza el ancho de banda que se puede ofrecer a cada cliente, ya que en cada puerto PON de la OLT trabaja con un throughput de 1.25 Gbps el cual es utilizado por los abonados conectados a ese puerto PON de la OLT.

Figura 23. Esquema físico de la red GPON de la empresa Efinet-TV



Elaborado por El Autor.

### 3.3.1. Topología física y lógica actual

La red GPON de Efinet – TV consta de un nodo principal donde se encuentran los equipos del núcleo de la red y 150 nodos secundarios que pertenecen a la ODN que se extiende desde el ODF (Optical Distribution Frame) en la oficina central, hasta las cajas de derivación NAPs, que se ubican en las calles para dar servicio al abonado, cada nuevo abonado termina con una ONT que interconecta con la red de acceso óptico OAN (Optical Access Network) cuando el servicio es de internet; pero también se ofrece el servicio de televisión analógica en cuyo caso se utiliza un receptor óptico para dividir la señal en la longitud de onda de los 1550 nm para audio y video, y la de 1310 nm y 1490 nm para el tráfico de datos (Cifuentes, 2020).

Figura 24. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Guayllabamba



Las marcas señaladas son las NAPs que se encuentran a lo largo de toda la red en la parroquia de Guayllabamba, Elaborado por El Autor.

Figura 25. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en El Quinche



Las marcas señaladas son las NAPs que se encuentran a lo largo de toda la red en la parroquia El Quinche, Elaborado por El Autor.

Figura 26. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Oyacoto



Las marcas señaladas son las NAPs que se encuentran a lo largo de toda la red en la comuna de Oyacoto, Elaborado por El Autor.

Figura 27. Cobertura de la red de la empresa Efinet-TV en Iguinero

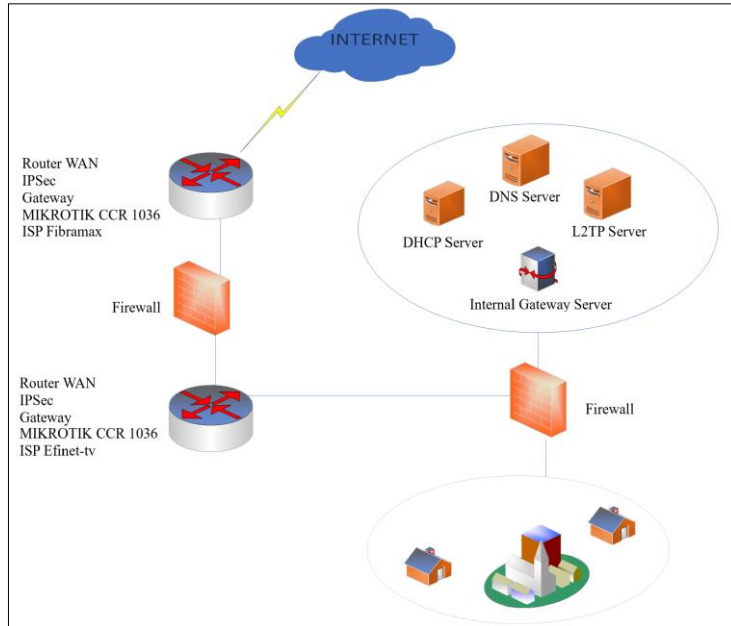


Las marcas señaladas son las NAPs que se encuentran a lo largo de toda la red en la comuna de Iguinero, Elaborado por El Autor.

Los enlaces de la red de distribución OND, están constituidos de fibra multimodo G.655 de 6, 12, 24, 48 y 96 hilos, desde las oficinas centrales permiten tener un control de las cajas de distribución para el abonado final ya que los niveles de splitter se encuentran antes del ODF que interconecta la OND de Efinet – TV. De manera general todos los clientes se encuentran en el rango de cobertura de 20 Km para la operación óptima de la OLT (Cifuentes, 2020).

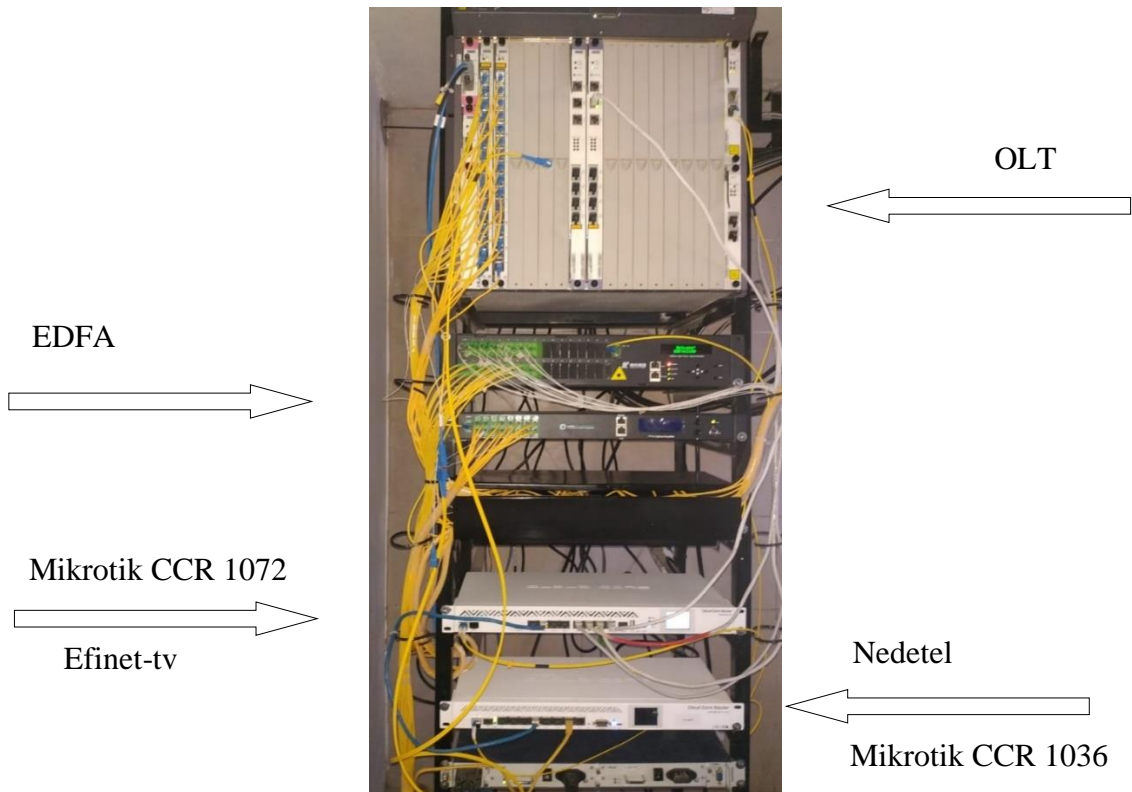
A continuación, se presenta el esquema lógico que la empresa Efinet – TV utiliza

Figura 28. Esquema lógico de la empresa Efinet-TV



Representación del esquema lógico de los equipos que conforman el núcleo de red para proveer del acceso al servicio de internet, Elaborado por El Autor.

Figura 29. Equipos Oficina Central Efinet-TV



Equipos que conforman el núcleo de red de la empresa Efinet-TV, Elaborado por El Autor.

### **3.3.2. Equipos activos y pasivos existentes**

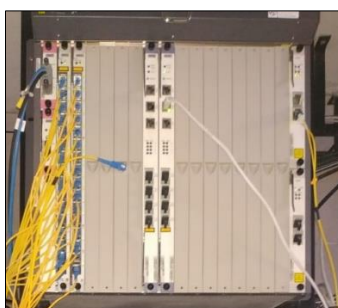
Principalmente la red se encuentra integrada de una OLT Huawei MA5680t, un transmisor óptico, un router de borde de las series Mikrotik Routeros CCR1072 (Cloud Core Router 1072) tres amplificadores EDFA, dos niveles de splitter que se conectan a varios ODF, donde empiezan los feeder para el envío de los servicios de datos, audio y video hacia las ONTs Huawei del abonado (Cifuentes, 2020).

#### **3.3.2.1. OLT Huawei MA5680t**

La terminal de línea óptica Huawei MA5680t es capaz de proveer servicios de voz, datos y servicios de gran capacidad de banda ancha. Es un equipo que opera como enrutador en capa 3 y de interruptor en capa 2, se compone de cuatro tarjetas PON C++ de 16 puertos cada una; cada tarjeta PON tiene como función principal la transmisión de la información que se transmite desde la OLT hasta ONT en ambas direcciones, en sentido ascendente se recibe un tráfico de información de datos y voz de los usuarios y en sentido descendente obteniendo un tráfico de datos, audio y video desde le red LAN privada de la empresa a la red pública del ISP portador (Nedetel) para el acceso a internet, enviando información a todos las ONTs que se encuentran en el rango de operación de 20 Km (Cifuentes, 2020).

Revisar Anexo 3 OLT Huawei.

Figura 30. OLT Huawei MA5680T



La OLT permite utilizar la entrada uplink para proveer por cada uno de sus puertos PON velocidades de transmisión de hasta 2.488 Gbit/s, Elaborado por El Autor.

#### **3.3.2.2. Router Mikrotik CCR1072 1G 8S+**

El equipo enrutador de las series de Mikrotik Routeros que utiliza Efinet – TV se compone de un CPU de 72 núcleos de última generación. La unidad consta de 8 puertos SFP+

(small form-factor pluggable transceptor 10G) y de 1 puerto Gigabit Ethernet. Este equipo realiza el proceso de establecer direcciones para el enrutamiento de los paquetes que responden a las solicitudes en tiempo real de los usuarios, maneja un ancho de banda de 3500 Megas dedicadas. Un puerto SFP+ forma el enlace uplink con la OLT, otro puerto SFP+ se conecta con el puerto del ISP portador que se define como el enlace WAN para el acceso a internet, finalmente un puerto SFP+ se conecta mediante un módulo SFP RJ45 a la OLT para su administración y el puerto Gigabit Ethernet a un servidor local de la empresa Efinet – TV (Cifuentes, 2020).

Figura 31. Mikrotik CCR-1036 (Efinet-TV)



Enrutador de la gama de Mikrotik RouterOS, este equipo realiza las traducciones de la red privada de Efinet-TV a la red pública proporcionada por el ISP portador, Elaborado por El Autor.

### 3.3.2.3. *Amplificador EDFA*

Este equipo es el encargado de multiplexar las dos señales que provienen de la parte de la red HFC desde el transmisor óptico de 1550nm, con la señal de la red GPON proveniente de la OLT de 1490nm, la empresa cuenta con 3 EDFA de 22 dBm de ganancia a la salida de cada uno de los 32 puertos que integra cada EFDA. (Revisar Anexo 9).

Figura 32. EDFA GPON 1550



Amplificador encargado de multiplexar las señales de datos, audio y video, Elaborado por El Autor.

### 3.3.2.4. *ONT Huawei*

Las ONT Huawei utilizan un proceso de gestión denominado Grooming para reorganizar u optimizar flujos de datos y estos sean transportadas más eficazmente. Una ONT convierte una señal de luz en una eléctrica; en sentido ascendente a la OLT envía y gestiona los diferentes tipos de tráfico que provienen del abonado, en sentido descendente las señales son enviadas a los suscriptores individuales desde la OLT (Cifuentes, 2020).

Figura 33. ONT Huawei HG8546M



Equipo del cliente final que le permite realizar conexiones a internet, Elaborado por El Autor.

## 3.4. Estudio del sector

### 3.4.1. Ubicación de la Parroquia de Yaruquí

La Parroquia de Yaruquí está ubicada al Nororiente de Quito y limita con las parroquias rurales de Checa al norte, Pifo y Tababela al sur, y Guayllabamba al oeste.

Figura 34. Sector de la parroquia de Yaruquí



Delineamiento geográfico del sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

### **3.4.2. Análisis de mercado**

En los últimos años las parroquias y comunas pertenecientes al cantón Quito han tenido un crecimiento poblacional desde el año 2010 al año 2021 del 5.49% de acuerdo a los datos proporcionados por la INEC; por lo que se ha visto un incremento en el mercado de los servicios de ISP.

### **3.4.3. Cálculo de la muestra**

Se utilizó una encuesta a 350 potenciales abonados, de los cuales el 74% pertenecían a hogares residenciales y el 26% a negocios, cooperativas, escuelas y complejos deportivos para determinar los servicios que actualmente poseen con su proveedor y la calidad de servicio que perciben del mismo en caso de tenerlo y en caso de que no, las garantías que se pueden dar con Efinet – TV. La encuesta se detalla en el Anexo 4.

### **3.4.4. Análisis de resultados**

Tras analizar los resultados se llegó a determinar que al menos un 62% de usuarios califica como justa o pobre la calidad de sus servicios de acceso a internet y que un 70% no cuenta con servicio de audio y video para televisión analógica. Los resultados de la encuesta se encuentran en el Anexo 4.

## **3.5. Requerimientos para la red GPON**

Se debe valorar la tecnología que la empresa Efinet – TV utiliza para el transporte de la información en todos sus nodos para el desarrollo del diseño e implementación de la red GPON en la parroquia de Yaruquí, al ser esta una de las más eficientes para el envío de servicio de datos, audio y video que actualmente la empresa Efinet – TV presta a sus suscriptores, evitando señales de baja calidad o atenuaciones que no garanticen estabilidad en el servicio de acceso a internet.

- Garantizar las tasas de transmisión upstream y downstream según la recomendación ITU-T G.984.3 de 1.24416Gbits/s y 2.488832 Gbits/s respectivamente.

- Utilizar la misma arquitectura de red GPON para el nodo principal que soporte los servicios que serán provistos desde la cabecera ubicado en la parroquia de Guayllabamba. Adicional deberá ser flexible y escalable para futuros servicios triple – play o expansiones que la empresa requiera implementar.
- Análisis georreferencial del área donde se implementará la red de fibra óptica, que permita determinar los niveles de splitter de 1:8 en la troncal y de 1:16 en la caja de distribución NAP.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED GPON EN EL SECTOR DE YARUQUI PARA EL ISP EFINET – TV**

#### **4.1. Antecedente de la propuesta para el diseño de red GPON**

Efinet-TV, es una empresa dedicada a proveer servicios de datos, audio y video, utilizando como transporte la tecnología por fibra óptica, cumpliendo los estándares establecidos en telecomunicaciones para el mejoramiento de la calidad de estos servicios, innovando continuamente sus plataformas y servicios a un nivel de infraestructura convergente.

En la ciudad de Quito, parroquia de Yaruquí tras haber recolectado la información necesaria para establecer los sistemas de telecomunicaciones que los proveedores de servicios de datos utilizan para el transporte de la información, utilizando las encuestas y la observación directa como medio para concluir que las tecnologías utilizadas son de fibra óptica y otras de radio enlace, razones por la cual los problemas constantes como interferencias, saturaciones, causando pérdida de datos y de la señal del servicio, de igual forma muchos de los ISP solo se dedican a la prestación de un solo servicio, por lo que existe la necesidad de un servicio triple play que brinde soluciones más eficaces.

Una infraestructura de red convergente por medio de fibra óptica, contribuirá al mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones, integrando varios servicios que contribuyan al crecimiento de la empresa, razón por la cual Efinet-TV se presenta como una solución en servicios y precios frente a sus competidores.

#### **4.2. Justificación**

En la actualidad los servicios de ancho de banda se han disparado exponencialmente, el mercado de las telecomunicaciones ha dado pasos agigantados y los recursos para el acceso a los servicios que ofrece la tecnología de la fibra óptica, la empresa Efinet-TV los aprovecha, para garantizar que la percepción del abonado de estos servicios cumpla con los niveles de satisfacción que este requiere.

Por lo expuesto ha sido motivo para que el proveedor de servicios de datos, audio y video Efinet-TV, implemente una red GPON en la parroquia de Yaruquí y varios sectores a su alrededor, que mejore los estándares de calidad y agregue servicios a las demandas del

cliente actual con la finalidad de expandir su mercado y cumplir con nuevos desafíos corporativos; Efinet-TV determinó la necesidad de brindar los servicios de red convergentes y la tecnología de fibra óptica para la implementación de la red GPON para estos sectores.

### **4.3. Consideraciones iniciales para el diseño de la red GPON**

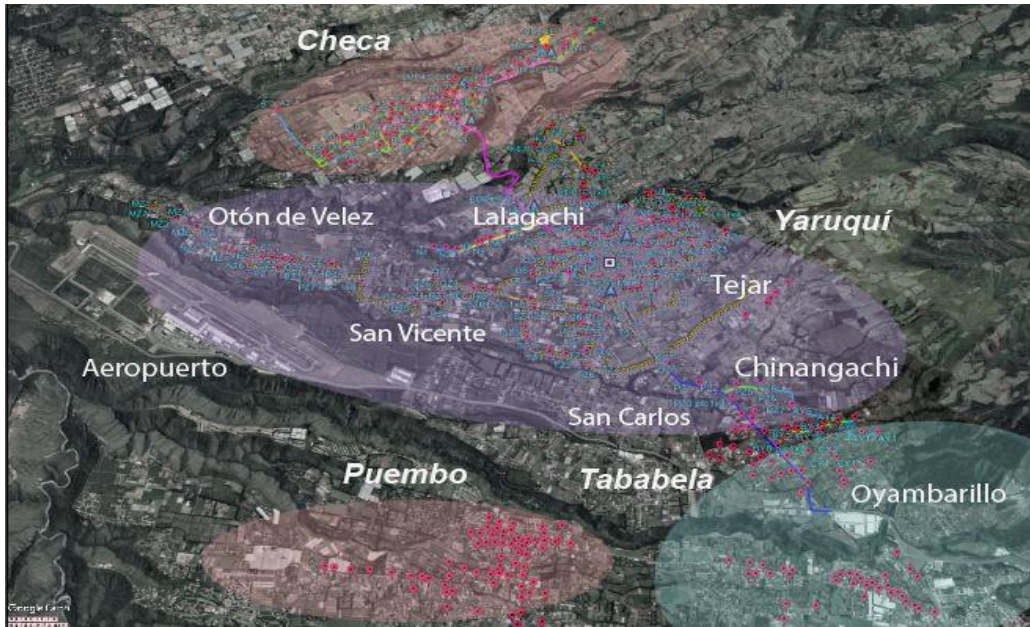
A nivel mundial existe una demanda por el ancho de banda y en este caso específico del sector Nororiente de la ciudad de Quito, en donde las empresas han llegado a competir principalmente con el ancho de banda que pueden ofrecer, que van desde las 40 Mbps ahora más cuando las tecnologías de transporte de la información GPON (ITU-T G.984.1) utilizando la fibra óptica como medio soporta capacidades de hasta 1.2 Gbps upstream y 2.4 Gbps downstream por cada puerto PON de la OLT, además esta misma tecnología nos permite transportar otro tipo de señales como de audio y video.

El alcance de la red de fibra óptica de Efinet-TV se extiende hasta el sector de Iguinero ubicado muy cerca de Checa, el enlace que se pretende ejecutar es precisamente en este punto geográfico por medio de módulos SFP 40Km (revisar Anexo 5) para hacer el enlace que transportara el servicio de datos, audio y video.

El instinto actual de las operadoras ISP y en el caso de Efinet-TV en el sector de Yaruquí y sus alrededores es de actualizar las infraestructuras tradicionales de red de fibra óptica por servicios que pueden ofrecer una red convergente donde la calidad de estos servicios ofertados brinde una experiencia como el que pocas, pero grandes empresas ofrecen en la ciudad de Quito.

Los resultados son claros en cuanto al conocimiento que tienen los usuarios de los actuales servicios que utilizan en el sector de Yaruquí y sus alrededores. Las necesidades de obtener servicios Duo Play y Triple play garantizan muchos posibles clientes para proyecciones futuras de expansión en estos sectores, la propuesta de red GPON se puede observar en la Figura 35.

Figura 35. Zonas de cobertura en Yaruquí y sus alrededores

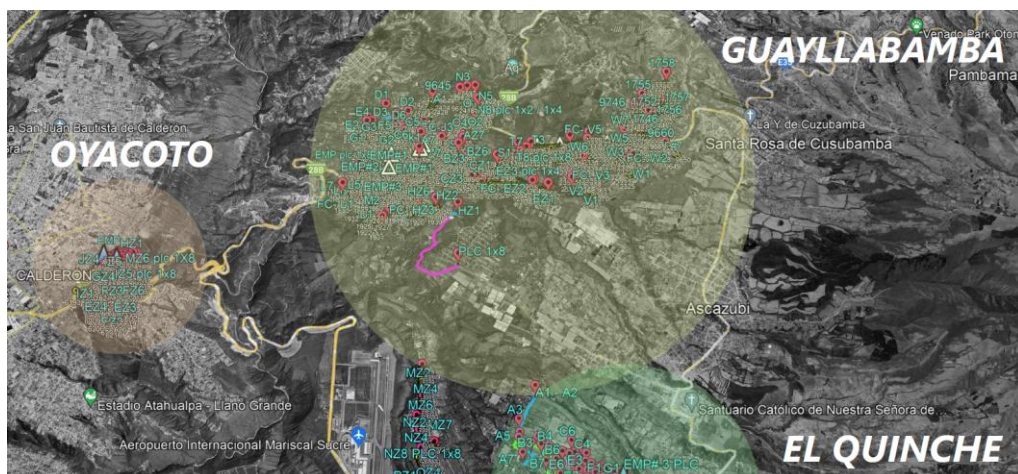


Zona de cobertura para el diseño de red GPON, incluye futuras expansiones, Elaborado por El Autor.

#### 4.3.1. Situación actual de Efinet-TV en Yaruquí

La empresa Efinet-TV líder en telecomunicaciones, tiene una cobertura al norte y este del canto Quito donde provee sus múltiples servicios de telecomunicaciones, la misma cuenta con una matriz ubicada en Guayllabamba, donde actualmente se presta el servicio resaltando de forma general las parroquias y comunas de Guayllabamba, El Quiche, Oyacoto e Iguñaro como se muestra en la Figura 36.

Figura 36. Zonas de cobertura de Efinet-TV



Zonas de cobertura actual de la red de la empresa Efinet-TV, Elaborado por El Autor.

Los sectores en donde más ha existido un aumento del mercado de los proveedores ISP y ha tenido gran acogida *Canal 6 Efinet-TV El Canal de la Ruralidad* es Iguñaro, Yaruquí y Checa, aquí la población ha venido conociendo el realce que tiene Efinet-TV en la comunicación de la información de estos sectores además de la prestación de los servicios de calidad que ofrece.

#### **4.3.1.1. Descripción de la red de datos**

Efinet-TV, al ser una empresa que está ganando terreno y prestigio a nivel del cantón Quito, se rige por normas y políticas de seguridad, confidencialidad y privacidad de la divulgación de datos de los sistemas, protocolos y estructuras de la red ODN que se utiliza para el transporte de sus servicios.

En la oficina matriz se encuentra el centro de operaciones de redes (NOC), desde aquí se monitorea y controla el estado de la red GPON de Efinet-TV, mismo que cuenta con un único portador de servicios de internet internacional actualmente conocido como Nedetel - Ufinet; el enlace principal y el de backup utilizan fibra óptica para el punto donde se encuentran los equipos de borde del ISP y de Efinet-TV.

Desde aquí se da cobertura a los sectores pertenecientes al cantón Quito mencionados anteriormente, a través de una red distribuida utilizando la arquitectura FTTH para el transporte de datos y señales a las diferentes zonas, donde presta sus servicios; el nodo principal se encuentra ubicado estratégicamente en Guayllabamba mismo que cuenta con un respaldo de energía que lo compone un banco de baterías UPS de 2.4 KVA y un generador industrial de 64 KVA que se controla a través de un tablero de transferencia para suministrar de energía a toda la matriz del nodo principal de Efinet-TV como se puede observar en la Figura 37.

Figura 37. Sistema de energía de la empresa Efinet-TV



Generador industrial, tablero de transferencia y banco de baterías UPS, Elaborado por El Autor.

Donde:

El nodo principal de Efinet-TV, se encuentra ubicado en el sector norte de Guayllabamba en la Loma de San Luis de Bellavista, donde están instaladas las antenas, sistemas y equipos principales y donde se distribuirá el servicio para el nodo que estará ubicado en el sector de Yaruquí. El equipamiento se encuentra integrado con:

- Un router de borde de la marca CISCO perteneciente al ISP portador para la conexión con el router de borde mikrotik CCR1072 de Efinet-TV que da servicio a las actuales zonas y para la conexión con el router de borde que va a estar ubicado en el nodo de Yaruquí.
- Una OLT que trabaja en capa 2 y en capa 3 y es encargada de la administración del ancho de banda para los enlaces FTTH con el abonado final, mismo que dicta las capacidades de ancho de banda en función de las VLAN's de servicio y gestión del plan contratado por parte de los abonados.
- El mikrotik de las series CCR1072 que prioriza y dicta las políticas de firewall, DHCP, y calidad de servicio para el desempeño adecuado de las aplicaciones.
- Tres amplificadores ópticos (EDFA) que combinan y transportan las señales de datos, audio y video.
- Un transmisor óptico que combina las señales de audio y video con los EDFA
- Un conjunto de moduladores, decodificadores, multiswitchs, combinadores y antenas parabólicas que forman la cabecera de televisión o HEAD END.

- Además, aquí se encuentran los servidores de gestión de clientes, monitoreo y control y los enlaces principales y de backup de la red de Efinet-TV.

Las antenas de la cabecera HEAD END ubicada en el nodo principal de donde se reciben los canales se encuentra ubicado en el edificio de la matriz de Efinet-TV, las cuales reciben la señal satelital a través de 5 antenas que apuntan a 5 satélites cuyas coordenadas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Descripción y polarización de antenas del Head End

No.	Diámetro (m)	Polarización	Ganancia (dB)	Banda/Recepción	Satélite	Ubicación Satélite
1	6,0	Vertical/Horizontal	39,9	C / 3,7 a 4,2 GHz	Intelsat 11	43,1° W
2	3,1	Vertical/Horizontal	39,9	C / 3,7 a 4,2 GHz	SES 6	40,5° W
3	3,1	Vertical/Horizontal	39,9	C / 3,7 a 4,2 GHz	Intelsat 34	55,5° W
4	3,1	Vertical/Horizontal	39,9	C / 3,7 a 4,2 GHz	Eutelsat 117	116,8° W
5	3,1	Vertical/Horizontal	39,9	C / 3,7 a 4,2 GHz	Intelsat 21	58,0° W

Polarización de las antenas parabólicas ubicada en el Head End de Efinet-TV, Elaborado por El Autor.

Figura 38. Antenas parabólicas de la empresa Efinet-TV



Antenas parabólicas de la empresa Efinet-TV, Elaborado por El Autor.

Desde aquí la señal de audio y video es receptada con los equipos que se muestran en la Figura 39, se decodifica y modula en cada canal que compone la grilla de canales de contenido variado que ofrece Efinet-TV.

Figura 39. Head End de Efinet-TV



Moduladores, decodificadores, combinadores y multiswitch, Elaborado por El Autor.

Solo el nodo principal de Efinet-TV cuenta con un transmisor óptico que transforma las señales eléctricas de cada canal en señales ópticas, estas en conjunto con la señal de datos que es proporcionada por la OLT, distribuyen los servicios a los usuarios finales, utilizando las longitudes de onda de 1310 nm / 1490 nm para los datos y 1550 nm para las señales de audio y video.

#### **4.3.2. Parámetros para el diseño de la red GPON**

Realizado el análisis del diseño de arquitectura de red que la empresa Efinet-TV maneja en los sectores actuales donde alcanza su cobertura para la prestación de sus servicio de datos, audio y video, se estudian los parámetros necesarios para el diseño de red de fibra óptica GPON a tomar en cuenta, en las que se toma como base los requerimientos y consideraciones que este tipo de tecnología exige, al igual que los estándares de calidad que la empresa Efinet-TV actualmente posee; de esta manera tener un diseño de red para una proyección de expansión a futuro a otros sectores de Quito.

##### **4.3.2.1. Criterios de diseño**

La empresa Efinet-TV ha especificado un conjunto de criterios de diseño para la implementación de la red de fibra óptica GPON, que se describen a continuación:

- La ubicación geográfica del nodo debe enfocar el estudio del área para posibles futuras expansiones de la red a otros sectores.
- Los equipos deben integrarse a la tecnología que la empresa Efinet-TV utiliza para el transporte de sus servicios.
- El diseño debe ser capaz de cumplir con los requerimientos que la recomendación UIT-T G.984.1 propone para soportar velocidades a las necesidades de los abonados home o empresarial.
- La red GPON debe mantener parámetros de estabilidad, escalabilidad y flexibilidad, es decir que pueda adaptarse a los múltiples servicios que una red convergente puede ofrecer.
- La red debe tener la capacidad de soportar servicios como ethernet, gigabit ethernet, SONET/SDH, ATM.

#### **4.3.2.2. Criterios Técnicos**

Los criterios para la implementación de la red GPON se basan en las consideraciones que la recomendación UIT-T G.984.1 toma en cuenta al igual que las Normas de CNT para Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica, que también maneja la empresa para un mejor control de la implementación de sus redes.

- Análisis del área de cobertura geográfica.
- Esquema y arquitectura de red.
- Dimensionamiento de red.
- Selección de ruta para la red ODN.
- Interconexión del nodo principal con el nuevo nodo.
- Tendido de fibra óptica
  - Tipo de fibra
  - Tipos de tendido
  - Cantidad de mangas

- Cantidad de NAPs
- Splitters
- Herrajes
- Preformados
- Tensores
- Cálculos del enlace óptico.
- Selección de equipos.
  - Equipos de conmutación
  - Equipos terminales

#### **4.3.2.3. *Requerimientos de cobertura***

El diseño a implementar deberá cumplir con la capacidad de brindar los servicios que la empresa Efinet-TV presta y con la misma tecnología que usa para resolver los problemas que el abonado final requiere. Los servicios de datos, audio y video que ofrece la empresa además de su reconocido canal local, garantizan la incorporación de nuevos abonados pudiendo ser home o corporativos a la red GPON de Efinet-TV.

Por lo que se ha decidido incluir zonas en donde los servicios que ofrece Efinet-TV son demandados. Estos lugares a lo largo del tiempo han tenido un incremento poblacional y económico, por lo que son áreas con mayor concentración de potenciales clientes. Por lo que las rutas del tendido de la red troncal de fibra óptica deben garantizar la escalabilidad de la red GPON.

#### **4.3.2.4. *Análisis de demanda de tráfico, audio y video***

Uno de los parámetros que ha considerar para el diseño de red GPON también son las zonas que más demanda tienen, siendo los enlaces home principalmente por los que la empresa se mantiene, en estos sitios es donde más abonados home son posibles de captar. La gran mayoría de clientes utiliza la fibra óptica para obtener sus servicios de datos, pero

la carencia de múltiples servicios hace atractiva la incorporación de nuevos clientes a la empresa de Efinet-TV.

#### **4.3.2.5. Disponibilidad de la red**

La red GPON a implementar deberá encontrarse activa todo el tiempo, la disponibilidad de red se define como la relación en la que la red se encuentra activa y el tiempo total, por lo que Efinet-TV necesita que sus servicios se encuentren activos en el tiempo y lugar donde están siendo ofertados.

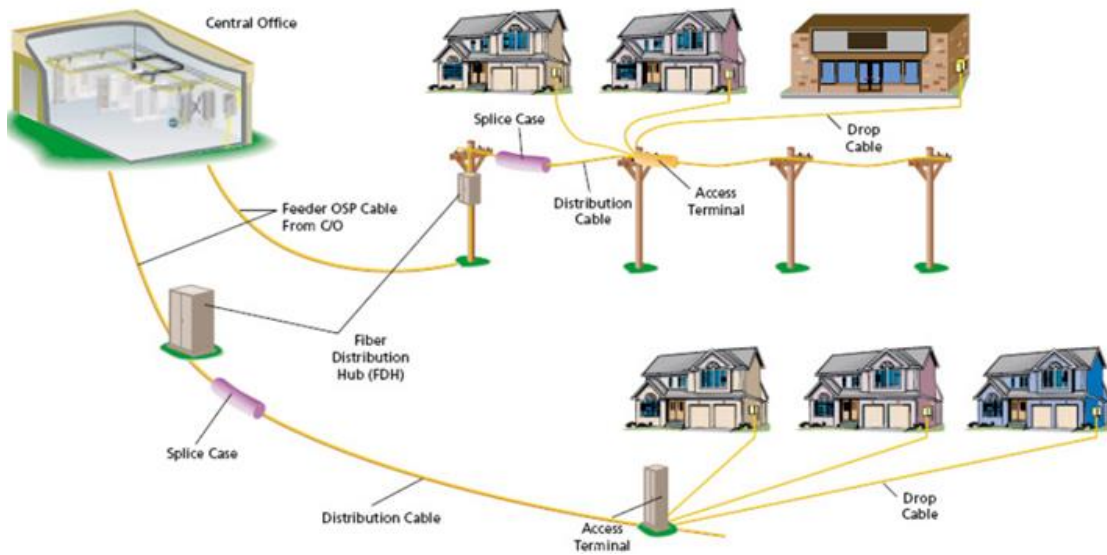
Por tal motivo en la implementación de red de fibra óptica deberá considerarse que el tendido de fibra óptica mantenga las condiciones necesarias y cumpla con los márgenes de potencia en base a las consideraciones de la recomendación UIT-T G.984.1. Ya que actualmente la mejor prestación de servicios es el que cumple con las necesidades de los usuarios y los acuerdos del SLA con el abonado.

#### **4.3.2.6. Configuración de splitters**

La configuración de los splitters para la implementación de la red es uno de los principales parámetros a considerar, ya que de esto depende estrictamente las futuras expansiones para lo que se tiene proyectada la empresa Efinet-TV, con la tecnología actual tener una relación de división de GPON muy grande es atractiva a la vista de los portadores pero en base a garantizar la disponibilidad de la red la relación de división por puerto PON es de 1:64, una relación realista a las capacidades de los módulos ópticos que al día de hoy garantizan una comunicación estable lo que la recomendación UIT-T G.984.1 propone.

En la Figura 40. se puede observar un esquema de lo que una red GPON puede escalar.

Figura 40. Esquema de una red GPON



Arquitectura general de una red GPON, (Internexa, s.f.).

#### 4.3.2.7. Selección de la ruta para la red ODN

Como se mencionó en el apartado 4.3.2.3, la selección de rutas y avenidas de la red troncal, determinarán estratégicamente los sectores donde más capacidad poblacional existe, que se determina observando físicamente la cantidad de hogares a los que pueden conectarse una sola NAP. Tomando en consideración del apartado anterior 4.3.2.6, es la integración de estos parámetros los que conforman la ODN, con una idea más clara de la cobertura que se desea alcanzar se evitan problemas de escalamiento o un tendido de red adicional al existente.

El primer punto y principal para la implementación de la red ODN, es la disponibilidad de los postes que existan en el sector, en este caso los postes pertenecen a la empresa CNEL. Para esto se debe realizar un análisis en función de ciertos criterios generales a los que se rigen los proveedores ISP.

Figura 41. Sector de Yaruquí postes de CNEL



Ubicación georreferencial de los postes considerados para la red ODN pertenecientes a CNEL en la parroquia de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

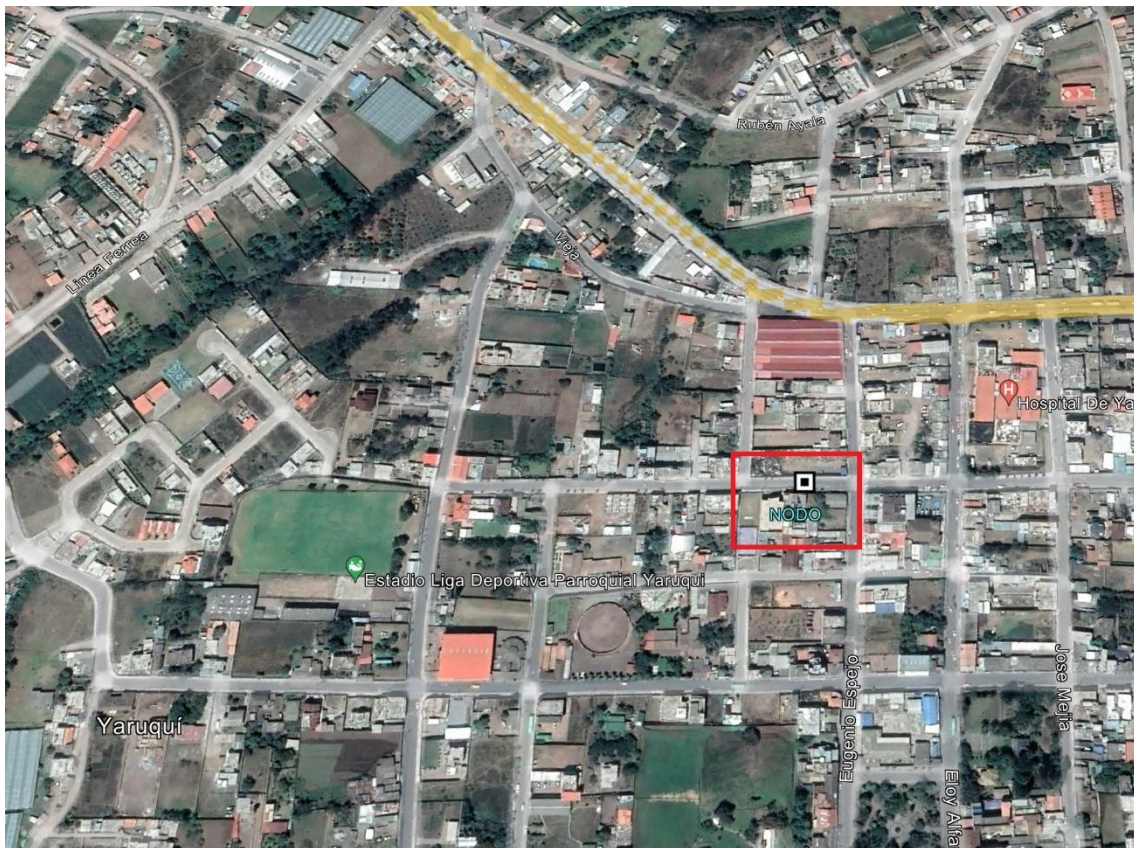
- Utilizar rutas, avenidas o calles que sean cercanas a los lugares donde exista una población más densa que permita captar más suscriptores al servicio, optimizando los recursos de la empresa, ya sea en materiales de fibra óptica, equipos, etc.
- Evitar los trayectos que sean peligrosos para las instalaciones, soportes o tendidos de la red, con esto se salvaguarda la disponibilidad de los servicios en caso de existir algún evento donde se requiera el mantenimiento de la red de fibra óptica.
- En cuanto al factor ambiental siempre se debe tener consideración de las condiciones le medio ambiente para poder ejecutar los trabajos de la mejor manera, intentando evitar factores como el polvo, el agua entre otros.

## 4.4. Diseño de la red óptica GPON en la parroquia de Yaruquí

### 4.4.1. Localización Geográfica

Las redes de fibra óptica GPON son capaces de soportar enlaces de hasta aproximadamente 20Km. El nuevo nodo se encuentra ubicado en el sector de Yaruquí en las calles Eugenio Espejo y Amazonas detrás del Hospital Básico Alberto Correa Cornejo – Yaruquí, en el sector propuesto permite un rango de cobertura amplio para un posible continuo crecimiento poblacional en algunas zonas.

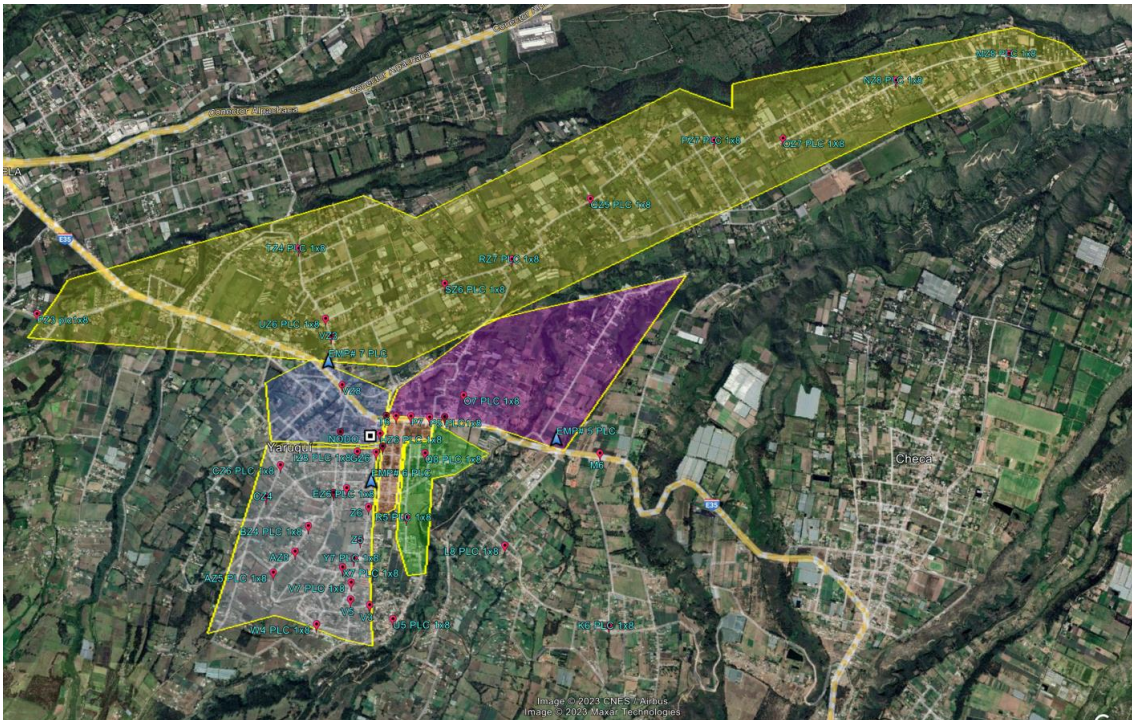
Figura 42. Nodo de Yaruquí



Ubicación geográfica del nodo de que se ubicara en la parroquia de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

En base a las características poblacionales se ha decidido dividir el sector en 6 zonas en las que se considera la demanda a nivel de abonados.

Figura 43. Zonas de cobertura en el sector de Yaruquí



Zonas consideradas para el tendido de la red de fibra óptica en el sector de la parroquia de Yaruquí,  
Elaborado por El Autor.

#### 4.4.2. Esquema de la red GPON

Se analiza de manera general la topología a implementar en planta externa y en donde se van a ubicar los posibles elementos pasivos (mangas de distribución), que cumplan con los parámetros de la recomendación UIT-T G.984.1, en el margen de las tecnologías de red GPON comentado en el apartado 3.2.4. De lo que se considera destacable se puede mencionar que:

- La interconexión del nodo principal ubicado en Guayllabamba con el nodo ubicado en Yaruquí será con los equipos de borde del portador ISP (Nedotel - Ufinet), con el equipo de borde de la empresa Efinet-TV, que se integra de 6 empalmes para completar el enlace, ver Anexo 6.
- La red troncalizada que parte desde la OLT ubicada en Guayllabamba llega hasta la comuna de Iguñaro aquí se van alimentar 6 hilos de poder que transportan las señales de datos, audio y video.

- Desde el nodo de Yaruquí la troncalizada que alimenta al sector de Checa e Iguiñaro cruza por la montaña para conectar con los 6 hilos de poder, para esto se estima un cable de 48 hilos para la distribución de la red ODN de la futura expansión a Checa.
- Desde Checa e Iguiñaro con el cable de fibra óptica de 48 hilos se une con el cable de fibra óptica de 24 hilos de la red troncalizada que viene desde la OLT ubicada en Guayllabamba.
- Se necesitarán 10 hilos para alimentar Checa, por lo que se habilitarán 10 puertos PON de la OLT para este sector.
- Las zonas descritas anteriormente están distribuidas por uno o dos niveles de splitters. El primer nivel de splitter es de 1x8, y se lo realiza a lo largo del tramo de red, con la finalidad de aprovechar más hilos de poder.
- Las NAPs que van a estar ubicadas en los postes para los enlaces con las ONT o los receptores ópticos, serán de 1x16 dependiendo de la distancia.
- En los posteriores apartados se detalla de manera más general el tipo de cable, niveles de división óptica y configuraciones de red.

#### **4.4.3. Análisis de rutas**

A continuación, se detallan las distancias tomadas desde el aplicativo de Google earth, donde se determinan los posibles lugares donde se ubica el primer nivel de división. El margen de error que existe con la herramienta es de alrededor  $\pm 30$ m. Cada trayecto está medido desde la OLT hasta el primer nivel de división que como se mencionó en el apartado anterior permite tener un aprovechamiento de más hilos de poder. Para la implementación de la red GPON en base al criterio técnico de cada zona se ha decidido utilizar fibra óptica ADSS de 12, 24 y 48 hilos.

Tabla 5. Descripción de la distancia de los feeder principales.

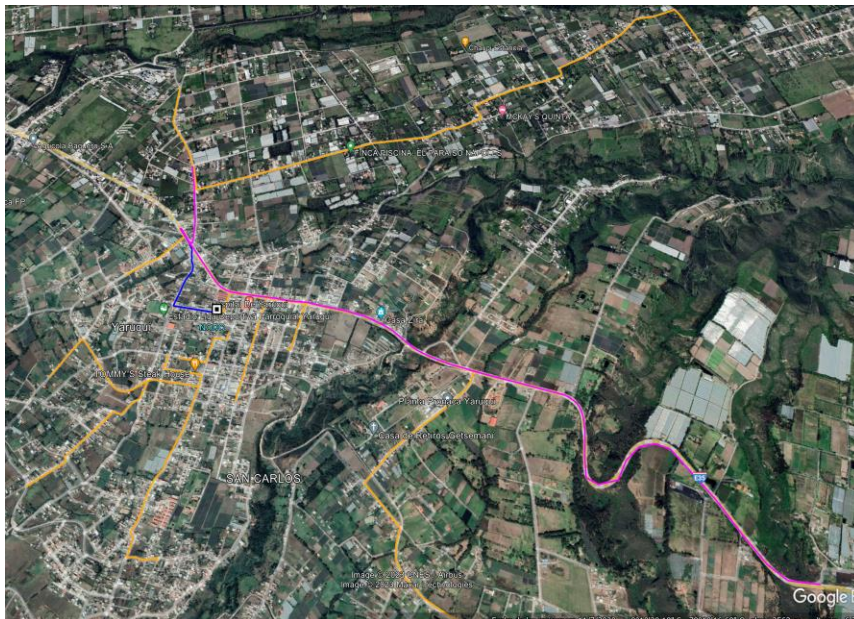
Trayecto de Fibra Óptica	Distancia en metros	Tipo de Fibra Óptica
OLT – Zona 1	180m	Cable de 12 hilos
OLT – Zona 2	850m	Cable de 48 hilos
OLT – Zona 3	680m	Cable de 24 hilos
OLT – Zona 4	370m	Cable de 12 hilos
OLT – Zona 5	1120m	Cable de 12 hilos
OLT – Zona 6	1380m	Cable de 24 hilos

Descripción de la distancia de los feeder principales encargados de llevar los servicios a las diferentes zonas del sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

Sumando las distancias, se tiene una distancia aproximada de 5Km, pero eso solo para la llegada al primer nivel de división, cabe recalcar que para el tendido de la fibra óptica se utilizarán distintos tipos de fibra en base a la cantidad de hilos que se proyectan para cada zona.

Para tener un concepto más amplio de la cantidad de fibra óptica necesario para el tendido se ha realizado el análisis con las rutas que se van a seguir, para lo cual se ha podido determinar la cantidad aproximada en metros de la fibra óptica necesaria para el tendido de la red GPON a implementar. En la Figura 44. se puede observar los tramos de fibra óptica en las rutas seleccionadas.

Figura 44. Rutas para el tendido de red de Fibra Óptica



Representación geográfica de las rutas que van a tomar los feeder principales para las ODN, Elaborado por El Autor.

Como se puede observar en la Figura 44 existen varios tramos que continúan después de los empalmes del primer nivel de división. Para lo que se ha estimado un aproximado de cable de fibra óptica para cada tramo que se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 6. Distancias de cable para cada feeder

<b>Cable de 12 hilos</b>	<b>Cable de 48 hilos</b>	<b>Cable de 24 hilos</b>
<b>Distancia en metros</b>		
1000	850	4500
430		700
458		
1120		
4200		
696		
700		
600		
1120		
2635		
1300		
<b>TOTAL</b>	<b>14259</b>	<b>850</b>
		<b>5200</b>

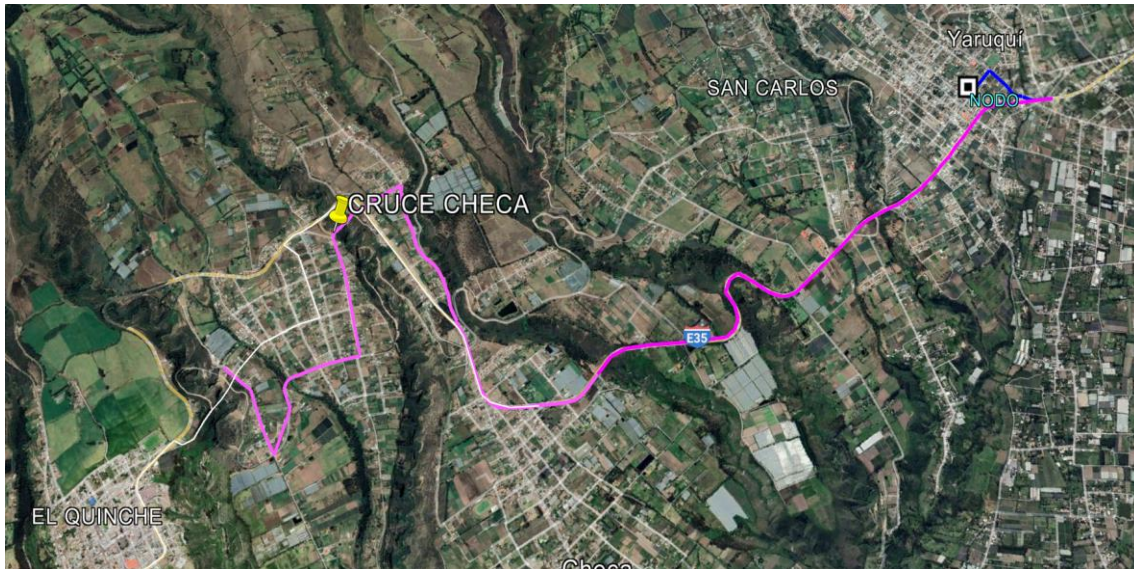
Estimación de las distancias de fibra óptica necesaria para realizar el tendido de la red de la empresa Efinet-TV en el sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

#### 4.4.4. Diseño de la red ODN

##### 4.4.4.1. Descripción del nodo de Yaruquí

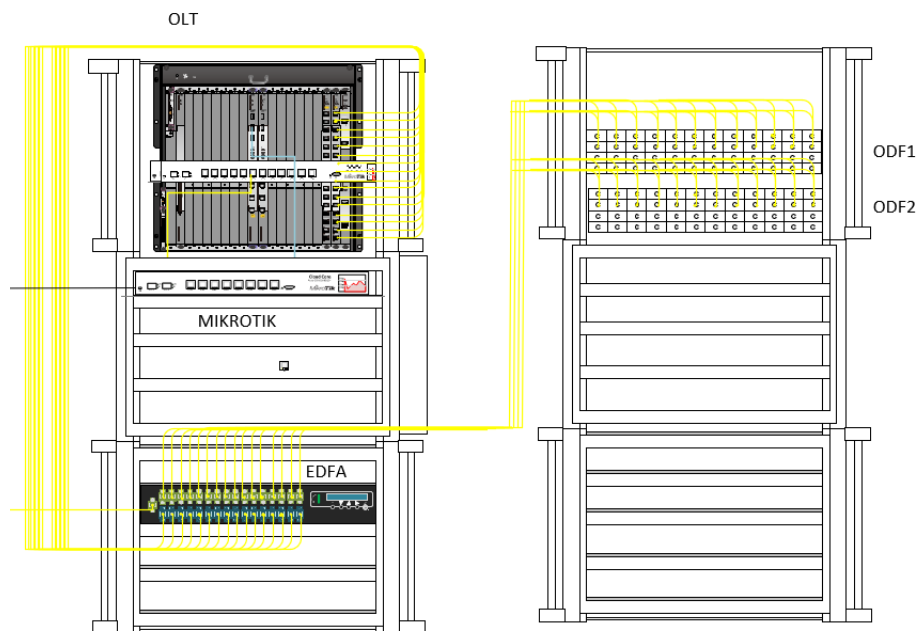
Para transportar las señales de datos, audio y video al sector de Yaruquí cuya ubicación se menciona en el apartado 4.4.1, para el enlace punto – punto se utilizara el cable de fibra óptica de 24 hilos ADSS G.652 que sale desde el nodo de Guayllabamba, este llega hasta el sector La Victoria ubicado muy cerca la parroquia de El Quinche, desde la troncal de 48 hilos de este sector llegamos a Iguiñaró; desde central de Yaruquí se extenderá un cable de fibra óptica ADSS G.652 de 48 hilos hasta Checa aquí se realizará un cruce de Iguiñaró – Checa para completar el enlace. El enlace resultante es de 6 hilos de poder para el transporte de las señales con 6 mangas de empalmes hasta llegar al nodo de Yaruquí, el Anexo 6 muestra el enlace de 25.7Km con las atenuaciones correspondientes de los empalmes.

Figura 45. Enlace Iguiaño – Checa – Yaruquí.



Enlace óptico para el transporte de los servicios desde Guayllabamba hasta Yaruquí, Elaborado por El Autor.

Figura 46. Estructura de equipos del nodo de Yaruquí



Estructura física que tendrá el nodo de Yaruquí para la implementación de los equipos de borde y la red ODN, Elaborado por El Autor.

a. Ubicación de los splitters

Los splitters son colocados en función de la demanda que existe en cada una de las zonas antes descritas, el estudio debe considerar que no exista solapamiento de la red para aprovechar los recursos de la empresa y brindar un servicio óptimo a los abonados. Para el primer nivel se utiliza un splitters de 1:8, por lo que cada serie la integraran 8 NAPs y para el segundo de división se utilizaran splitters de 1:8 o de 1:16 dependiendo la distancia.

Figura 47. Ubicación de los splitters de primer nivel



Ubicación georreferencial de los Splitters sector Yaruquí, Elaborado por El Autor.

Tabla 7. Distribución de splitters de primer nivel

ZONAS	Troncal NAP IP68
Zona 1	12 splitters 1:8 primer nivel
Zona 2	4 splitters 1:8 primer nivel
Zona 3	2 splitters 1:8 primer nivel
Zona 4	3 splitters 1:8 primer nivel
Zona 5	2 splitters 1:8 primer nivel
Zona 6	9 splitters 1:8 primer nivel

Distribución de la zonas y cantidad de splitters en cada zona, Elaborado por El Autor.

#### 4.4.4.2. Rutas

Para el despliegue de la red de fibra óptica GPON se comprenden 6 zonas o rutas de acceso que parten desde el nodo ubicado en el sector de Yaruquí, hacia los puntos referenciales donde se ubican los primeros niveles de división, para esto se utilizará NAPs IP68, que por su diseño nos permite emplearla como manga de distribución y caja de distribución para los abonados, ver Anexo 7. La nomenclatura de las NAP inicia con la letra “A” del alfabeto siendo la última NAP de la construcción de la red GPON, por lo que estas series se utilizarán para las futuras zonas de distribución como se puede observar en el Anexo 8, así sucesivamente hasta llegar a las series que se encuentran más cercanas al nodo central, mientras más cerca del nodo central la letra va a ser la última de alfabeto, en base a las Normas de CNT para Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica.

- Zona 1

La primera ruta de acceso estima cubrir un área total de 0.91 Km<sup>2</sup>, y un tendido de fibra óptica de aproximadamente 3.1 Km, para cumplir con la demanda de abonados en esta zona se estima un total de 72 NAPs (cajas de distribución); 6 series NAP (series U – V – W – X – Y – Z) se alimentan con un cable de 12 hilos (CABLE 1) que nace del empalme 6, un ramal de cable drop de 6 hilos (CABLE 2) alimenta 2 cajas NAP (series Z6 y Z7). Desde el empalme 6, con otro tramo de cable de 12 hilos (CABLE 3) de aproximadamente 1300m se alimentan 5 series NAP (series AZ – BZ – CZ – DZ – EZ).

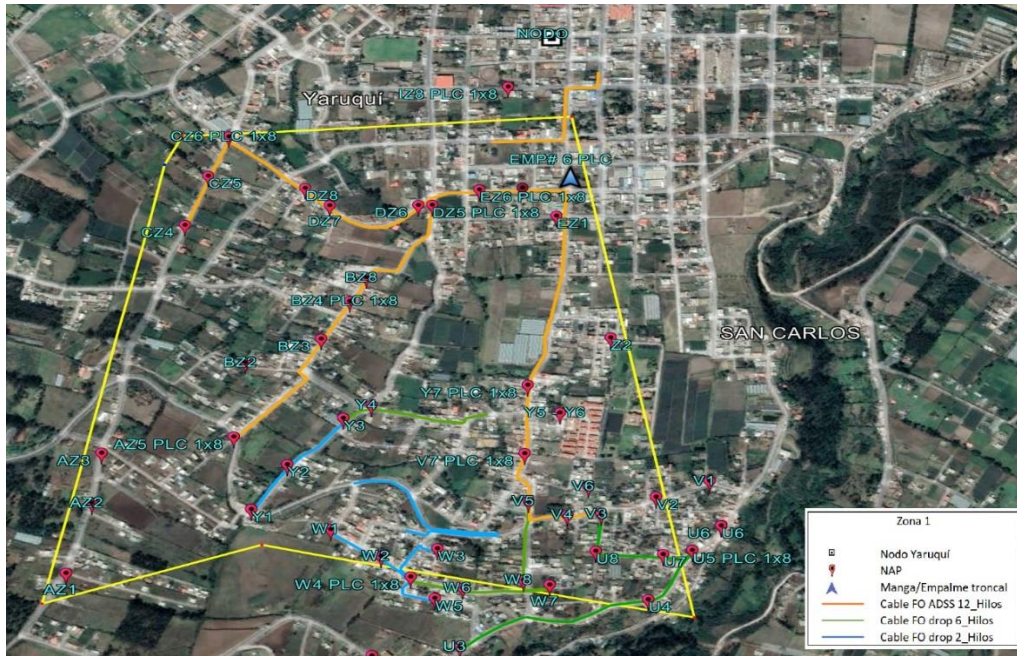
A continuación, se muestra una tabla más detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 8. Distribución de la red ODN zona 1

<b>CABLE 1 / 12h</b>	<b>CABLE 2 / 6h</b>
Hilo 01/01= Serie U	Hilo 06= Z6
Hilo 02/02= Serie V	Hilo 05= Z7
Hilo 03/03= Serie W	
Hilo 04/04= Serie X	<b>CABLE 3 / 12h</b>
Hilo 05/05= Serie Y	Hilo 01/07= Serie AZ
Hilo 06/06= Serie Z	Hilo 02/08= Serie BZ
Hilo 12= Z5	Hilo 03/09= Serie CZ
Hilo 11= Z4	Hilo 04/10= Serie DZ
Hilo 10= Z3	Hilo 05/11= Serie EZ
Hilo 09= Z2	
Hilo 08= Z1	

Distribución zona 1 en el empalme 6, Elaborado por El Autor.

Figura 48. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 1



Distribución de rutas y NAPs de la zona 1, Elaborado por El Autor.

Tras haber definido el área y las rutas a ser consideradas en la zona 1, para el despliegue del tendido de fibra óptica de la red GPON de la empresa Efinet-TV se necesitan de elementos que se detallan en las tablas a continuación.

Tabla 9. Volumen de Obra ZONA 1

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 1
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	2815
2	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	5988
3	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	3420
4	Cable de FO ADSS de 24 hilos	M	680
5	Caja Nape IP65 con transiciones de 16 pt	U	77
6	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	11
7	Manga de empalme tipo domo de 48 hilos	U	1
8	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	11
9	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	88
10	Herraje tipo A de retención para FO	U	240
11	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	28
12	Ganchos de dispersión	U	176
13	Cinta bandimex de 1/2	U	7
14	Cinta bandimex de 3/4	U	772
15	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	768
16	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	130

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las coordenadas de cada divisor óptico *splitter* de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 10. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 1</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>IP68</b>				
<b>CZ6</b>	1:8	Línea Férrea y Calle Bolaños	0°10'9.11" S	78°19'4.38" O
<b>DZ5</b>	1:8	Línea Férrea y Calle Quito	0° 9'55.69" S	78°18'57.74" O
<b>EZ6</b>	1:8	Línea Férrea	0° 9'52.49" S	78°18'58.89" O
<b>Y7</b>	1:8	Av. Eugenio Espejo	0° 9'49.95" S	78°18'41.99" O
<b>V7</b>	1:8	Av. Eugenio Espejo	0° 9'50.37" S	78°18'36.26" O
<b>W4</b>	1:8	Calle Isla Sta. Cruz y Pje. Espejo 7	0° 9'57.98" S	78°18'26.55" O
<b>AZ5</b>	1:8	Calle B y Calle D	0°10'9.09" S	78°18'38.58" O
<b>BZ4</b>	1:8	Calle B y Pje. 10	0°10'1.40" S	78°18'49.68" O
<b>U5</b>	1:8	Av. Abdón Calderón y Calle 3	0° 9'39.87" S	78°18'27.78" O
<b>Manga Troncales</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Empalme</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>6</b>	1:8	Av. Eugenio Espejo y Línea Férrea	0° 9'46.43" S	78°18'58.57" O

Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 1, Elaborado por El Autor.

- Zona 2

Para la zona 2 se pretende tener un rango de cobertura de aproximadamente 0.53 Km<sup>2</sup> y un tendido de fibra óptica de aproximadamente 1.5Km, para la demanda de abonados en la zona 2 se necesitarán 32 NAPS; desde el ODF 2 ubicado en el nodo de Yaruquí un cable de 48 hilos alimenta 1 serie NAP (serie JZ), desde el ODF 2 un cable de 12 hilos alimenta 1 serie NAP (serie LZ) de 8 cajas alimentadas con cable drop de 8 hilos (CABLE 1), un cable drop de 8 hilos alimenta 1 serie NAP (serie IZ), desde el ODF 2 el cable de 48 hilos alimenta 1 serie NAP (serie KZ).

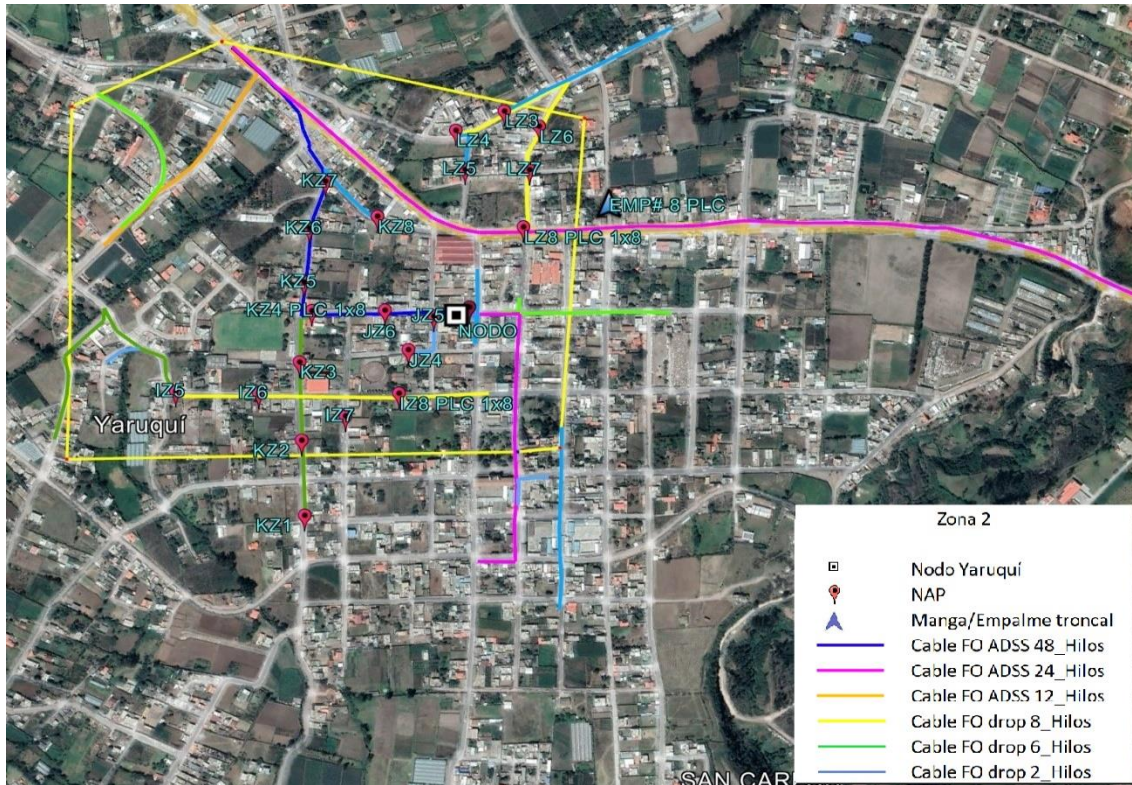
A continuación, se muestra una tabla más detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 11. Distribución de la red ODN zona 2

<b>ODF #2 (Del 01 al 48)</b>	<b>ODF #2 (Del 01 al 48)</b>
CABLE DE 48h	CABLE DE 48h
Hilo 47= PLC 1x8 serie KZ	Hilo 48= PLC 1x8 serie JZ
CABLE Drop 8h	CABLE 12h ODF2 (1-12)
Hilo 01/01/15= PLC 1x8 serie IZ	Hilo 07= PLC 1x8 serie LZ

Distribución zona 2, Elaborado por El Autor.

Figura 49. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 2



Distribución de rutas y NAPs de la zona 2, Elaborado por El Autor.

Definida el área y las rutas en la zona 2, el tendido de fibra óptica de la red GPON para esta zona necesita de los elementos descritos a continuación.

Tabla 12. Volumen de Obra ZONA 2

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 2
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	1128
3	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	462
4	Cable de FO Drop plana de 8 hilos	M	1163
8	Cable de FO ADSS de 48 hilos	M	1410
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	28
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	4
11	Manga de empalme tipo domo de 48 hilos	U	1
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	4
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	32
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	65
19	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	13
20	Ganchos de dispersión	U	64
21	Cinta bandimex de 1/2	U	10
22	Cinta bandimex de 3/4	U	254
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	257
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	68

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las ubicaciones de la zona 2 de cada splitter de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 2</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>KZ4</b>	1:8	Av. Quito y Av. Amazonas	0° 9'54.66"S	78°19'12.61"O
<b>LZ8</b>	1:8	Av. Panamericana y Av. Eloy Alfaro	0° 9'43.43"S	78°19'16.73"O
<b>IZ8</b>	1:8	Av. Simón Bolívar y Av. Alianza	0° 9'50.21"S	78°19'7.79"O
<b>JZ3</b>	1:8	Av. Eugenio Espejo y Av. Amazonas	0° 9'46.40"S	78°19'12.39"O

Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 2, Elaborado por El Autor.

- Zona 3

La cobertura de la zona 3 tiene un área de aproximadamente 0.1Km<sup>2</sup> y un tendido de fibra óptica de 2.1Km en este sector la cantidad de abonados demanda la cantidad de 16 NAPs para cubrir toda el área de cobertura, desde el ODF 1 ubicado en el nodo de Yaruquí un cable de 24 hilos alimenta 1 serie NAP (serie HZ), desde el ODF 1, un cable de 24 hilos alimenta 1 serie NAP (serie GZ) las cajas de esta serie se interconectarán con un cable de 12 hilos (CABLE 1).

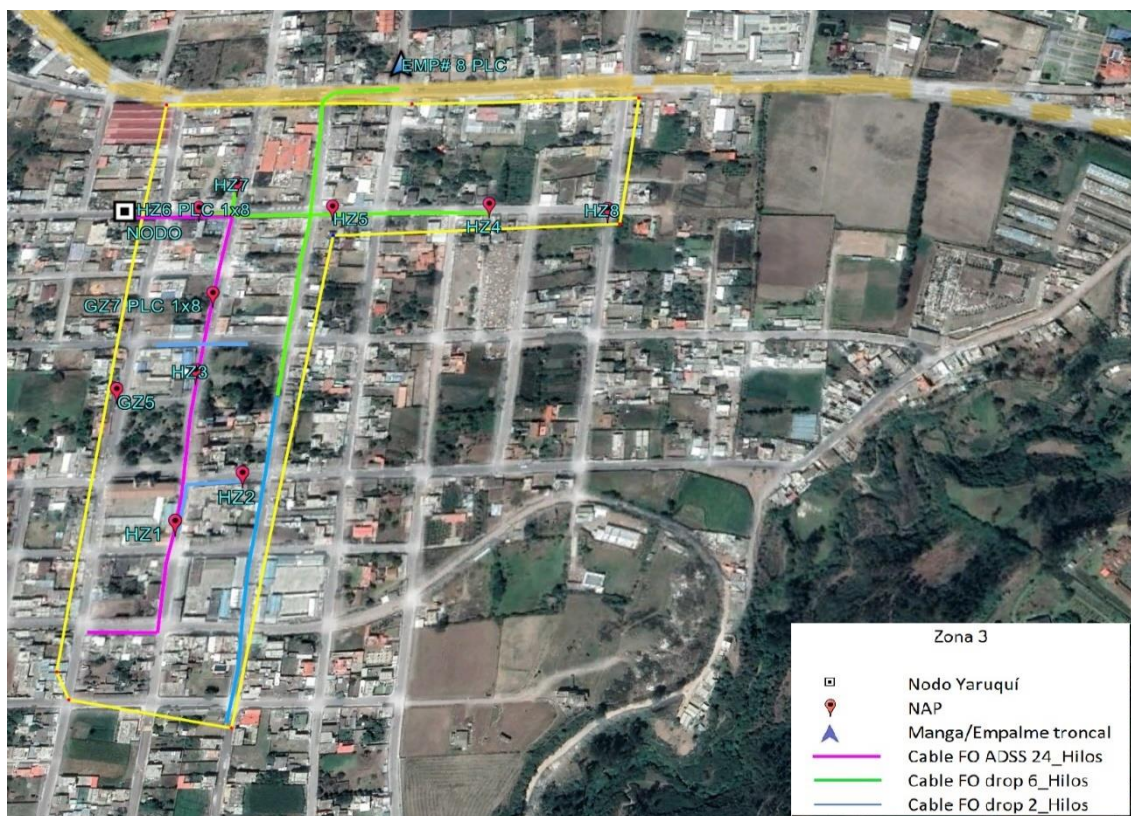
A continuación, se detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 14. Distribución de la red ODN zona 3

<b>ODF #1 (Del 25 al 48)</b>	<b>ODF #1 (Del 25 al 48)</b>
CABLE 24h	CABLE 24h
Hilo 13= PLC 1x8 serie GZ	Hilo 14= PLC 1x8 serie HZ

Distribución zona 3, Elaborado por El Autor.

Figura 50. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 3



Distribución de rutas y NAPs de la zona 3, Elaborado por El Autor.

Después de definir las rutas y el área de cobertura, para el tendido de fibra óptica se necesitarán de algunos elementos que se detallan en la tabla a continuación.

Tabla 15. Volumen de Obra ZONA 3

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 3
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	759
6	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	458
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	14
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	2
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	2
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	16
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	49
19	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	5
20	Ganchos de dispersión	U	32
21	Cinta bandimex de 1/2	U	2
22	Cinta bandimex de 3/4	U	147
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	145
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	62

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las ubicaciones de la zona 3 de cada splitter de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 16. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 3</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>GZ7</b>	1:8	Av. Eloy Alfaro y Av. Simón Bolívar	0° 9'44.79"S	78°19'12.25"O
<b>HZ6</b>	1:8	Av. Eugenio Espejo y Av. Amazonas	0° 9'44.02"S	78°19'9.14"O

Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 3, Elaborado por El Autor.

- Zona 4

El área de cobertura de la zona 4 es de aproximadamente 0.3 Km<sup>2</sup>, y el tendido de fibra óptica para la alimentación de la red de distribución es de 3.3 Km, para satisfacer la cantidad de posibles abonados se requiere un total de 24 NAPs; desde el ODF 1 un cable de 12 Hilos alimenta al empalme N°8 que interconecta a 2 series NAP (serie Q – R), del mismo empalme se alimenta 1 serie NAP (serie S).

A continuación, se detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 17. Distribución de la red ODN zona 4

<b>ODF #1 (Del 13 al 24)</b>	
<b>CABLE 12h</b>	<b>CABLE 6h</b>
Hilo 2/03= PLC 1x8 serie Q	Hilo 3/20= PLC 1X8 serie R
Hilo 05= PLC 1x8 serie S	

Distribución zona 4, Elaborado por El Autor.

Figura 51. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 4



Distribución de rutas y NAPs de la zona 4, Elaborado por El Autor.

Definidas las rutas y el área de cobertura, para el tendido de fibra óptica se necesitarán de algunos elementos que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 18. Volumen de Obra ZONA 4

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 4
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	1570
3	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	900
6	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	700
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	21
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	3
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	3
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	24
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	39
19	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	6
20	Ganchos de dispersión	U	48
21	Cinta bandimex de 1/2	U	5
22	Cinta bandimex de 3/4	U	179
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	183
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	104

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las ubicaciones de la zona 4 de cada splitter de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 19. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 4</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>Q8</b>	1:8	Av. Hugo Ortiz y Av. Simón Bolívar	0° 9'33.47"S	78°19'7.50"O
<b>R5</b>	1:8	Av. Abdón Calderón y Av. Rumiñahui	0° 9'37.51"S	78°18'51.90"O
<b>Manga Troncales</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>S</b>	1:8	Av. Panamericana y Av. Vicente Rocafuerte	0° 9'38.95"S	78°19'16.87"O

Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 4, Elaborado por El Autor.

- Zona 5

La zona 5 tiene un área de cobertura de 1.35Km<sup>2</sup> y el tendido de fibra óptica para esta zona de la red es de aproximadamente 4.5Km, para satisfacer la demanda de clientes en la zona se necesitan de 24 NAPs, desde el ODF 2 ubicado en el nodo de Yaruquí un cable de 24 hilos alimenta 2 series NAP (series O – P), desde el empalme N°5 se alimenta 1 serie NAP (serie N).

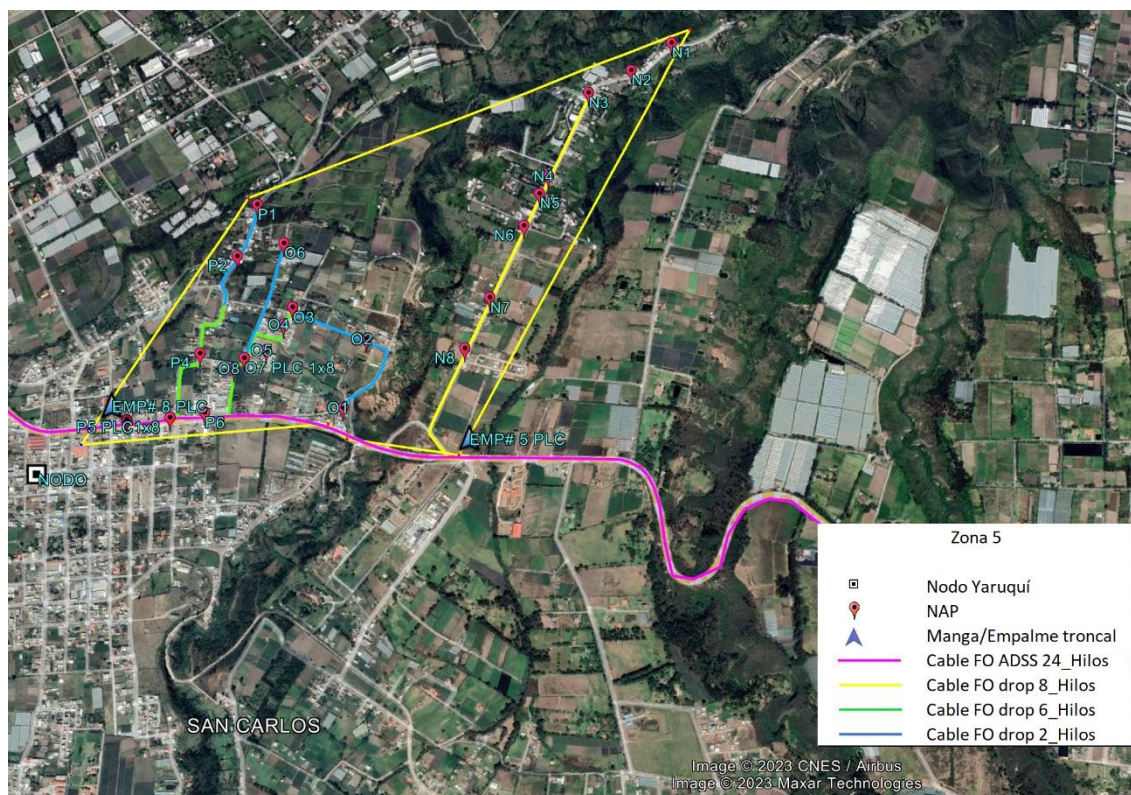
A continuación, se detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 20. Distribución de la red ODN zona 5

<b>ODF #2 (Del 01 al 48)</b>	
CABLE 24h	CABLE 1 / 6h
Hilo 10/10= Serie O	
Hilo 12/12= PLC 1x8 serie P	Hilo 1/10= plc 1x8 serie O

Distribución zona 5, Elaborado por El Autor.

Figura 52. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 5



Distribución de rutas y NAPs de la zona 5, Elaborado por El Autor

Definidas las rutas y el área de cobertura, para el tendido de fibra óptica se necesitarán de algunos elementos que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 21. Volumen de Obra ZONA 5

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 5
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	240
3	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	580
4	Cable de FO Drop plana de 8 hilos	M	1600
6	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	400
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	22
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	2
11	Manga de empalme tipo domo de 48 hilos	U	1
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	2
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	24
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	39
19	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	6
20	Ganchos de dispersión	U	48
21	Cinta bandimex de 1/2	U	4
22	Cinta bandimex de 3/4	U	180
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	183
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	148

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las ubicaciones de la zona 5 de cada splitter de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 22. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 5</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>O8</b>	1:8	Av. Segundo Arias	0° 9'24.40"S	78° 19'21.90"O
<b>P5</b>	1:8	Av. Panamerina y Av. Hugo Ortiz	0° 9'32.64"S	78° 19'16.36"O
<b>Manga Troncales</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Empalme</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>5</b>	1:8	Av. Panamerina y Av. Felipe Gutiérrez	0° 9'1.24"S	78° 19'9.19"O

Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 5, Elaborado por El Autor.

- Zona 6

La zona 6 comprende un área de 7.71Km<sup>2</sup>, y el tendido de fibra óptica de red será de aproximadamente 16.3 Km, y para satisfacer la cantidad de abonados de este sector se necesitara alrededor de 72 NAPs; un cable de 24 hilos conecta el empalme N°7, desde aquí se alimenta un cable de 12 hilos (CABLE 1) alimenta 7 series NAP (series MZ – NZ – OZ – PZ – QZ – RZ – SZ – VZ), otro tramo de cable de 12 hilos (CABLE 2) alimentará 1 serie NAP (serie TZ), el cable de 12 hilos (CABLE 1) alimenta 1 serie NAP (serie SZ).

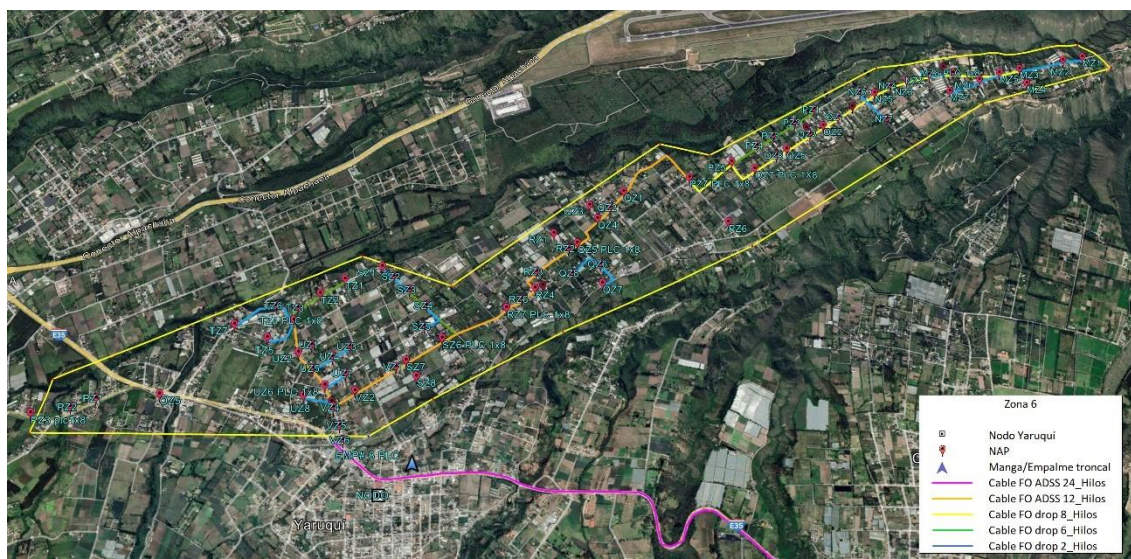
A continuación, se detallada de los hilos que alimentan las series de las NAPs.

Tabla 23. Distribución de la red ODN zona 6

<b>CABLE 1 / 12h</b>	<b>CABLE 24h</b>
Hilo01/ 01/25= Serie MZ	Hilo 09/33= PLC 1x8 serie UZ
Hilo 02/02/26= Serie NZ	
Hilo 03/03/27= Serie OZ	
Hilo 04/04/28= Serie PZ	CABLE 2 / 12h
Hilo 05/05/29= Serie QZ	Hilo01/ 08/32= Serie TZ
Hilo 06/06/30= Serie RZ	
Hilo 07/07/31= Serie SZ	
Hilo 08/08/32= Serie VZ	

Distribución zona 6, Elaborado por El Autor.

Figura 53. Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 6



Distribución de rutas y NAPs de la zona 6, Elaborado por El Autor.

Definidas las rutas y el área de cobertura, para el tendido de fibra óptica se necesitarán de algunos elementos que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 24. Volumen de Obra ZONA 6

ITEM	DETALLE	UNIDAD	ZONA 6
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	6003
3	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	3049
4	Cable de FO Drop plana de 8 hilos	M	3643
6	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	4896
7	Cable de FO ADSS de 24 hilos	M	700
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	62
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	10
11	Manga de empalme tipo domo de 48 hilos	U	1
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	10
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	72
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	47
19	Herraje tipo B de suspensión para FO	U	33
20	Ganchos de dispersión	U	144
21	Cinta bandimex de 1/2	U	28
22	Cinta bandimex de 3/4	U	452
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	479
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	74

Descripción de materiales de fibra óptica necesarios, Elaborado por El Autor.

Las ubicaciones de la zona 6 de cada splitter de primer y segundo nivel se ubican en base a las consideraciones del apartado 4.4.4.1 sección a), se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Coordenadas y direcciones de los splitters de primer nivel y empalmes de distribución

<b>DISTRIBUCIÓN DE SPLITTERS</b>				
<b>ZONA 6</b>				
<b>Cajas de distribución</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Serie NAP IP68</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>TZ4</b>	1:8	Calle Quito y Calle Felicísimo Vega	0° 10'6.92"S	78° 19'58.89"O
<b>UZ6</b>	1:8	Calle Quito y Calle 2	0° 9'59.41"S	78° 19'40.97"O
<b>SZ6</b>	1:8	Calle Luis Pallares y Calle C	0° 9'29.80"S	78° 19'50.17"O
<b>RZ7</b>	1:8	Calle Luis Pallares y Calle 1	0° 9'13.03"S	78° 19'56.54"O
<b>QZ5</b>	1:8	Calle K y Calle Leonardo Maldonado	0° 8'53.32"S	78° 20'12.42"O
<b>PZ7</b>	1:8	Calle José Luis Guaguilla y Calle T	0° 8'21.67"S	78° 20'28.08"O
<b>OZ7</b>	1:8	Calle Eduardo Crespo y Calle V1	0° 8'3.93"S	78° 20'28.81"O
<b>NZ8</b>	1:8	Calle Eduardo Crespo, Agencia Latinoamericana de Eco- Desarrollo	0° 7'34.32"S	78° 20'44.71"O
<b>MZ8</b>	1:8	Calle Eduardo Crespo, Iglesia Otón de Vélez	0° 7'4.60"S	78° 20'52.20"O
<b>Manga Troncales</b>			<b>Coordenadas</b>	
<b>Empalme</b>	<b>Splitter</b>	<b>Dirección</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>7</b>	1:8	Av. Panamericana y Calle Quito	0° 9'58.29"S	78° 19'28.09"O

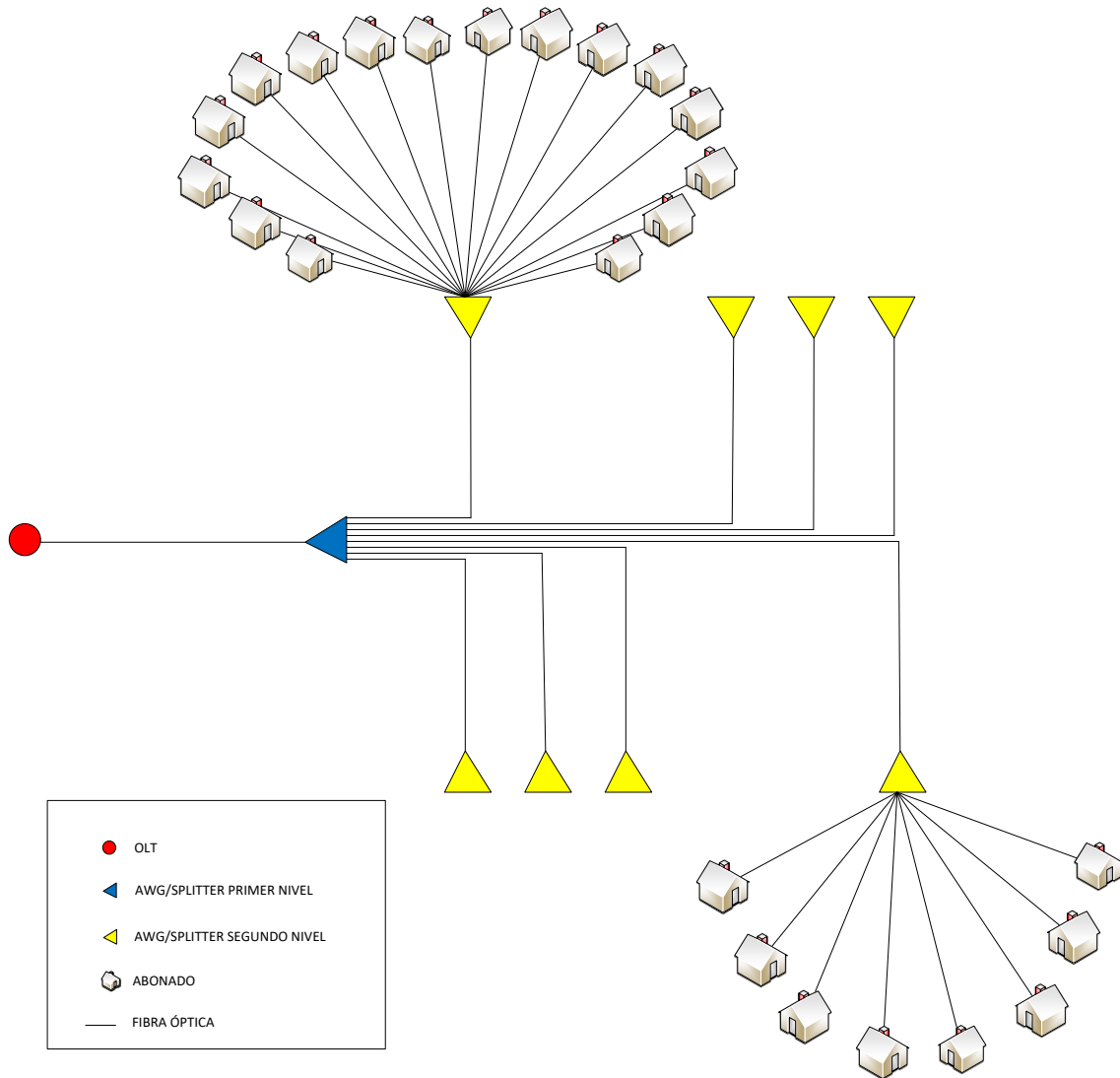
Ubicación de los splitters de primer nivel en la zona 6, Elaborado por El Autor.

#### **4.4.4.3. Diseño de la red GPON**

Realizado el análisis de ruta, áreas de cobertura, ubicación de splitters de primer nivel de NAP IP68 y de segundo nivel de las NAP IP65 para la distribución de los servicios al abonado, también las mangas que existen en los tramos que conforman al tendido de fibra óptica de la red GPON de la empresa Efinet-TV en sector de Yaruquí; el resultado de las consideraciones expuestas la topología tipo árbol extendido multinivel es la más apropiada para aprovechar de mejor forma el dimensionamiento de la red, optimizando los recursos de la empresa y la cobertura que se puede llegar alcanzar. En la figura 53. se puede observar el orden que se ha elegido para la distribución de la red ODN, desde los ODF ubicados en el nodo que interconectan los splitters de primer nivel de distribución de relación 1:8 hasta las series NAP a ser consideradas de relación 1:8 o 1:16 dependido de la cantidad de demanda de abonados, para dar servicio con la red de acceso a los servicios de datos, audio y video.

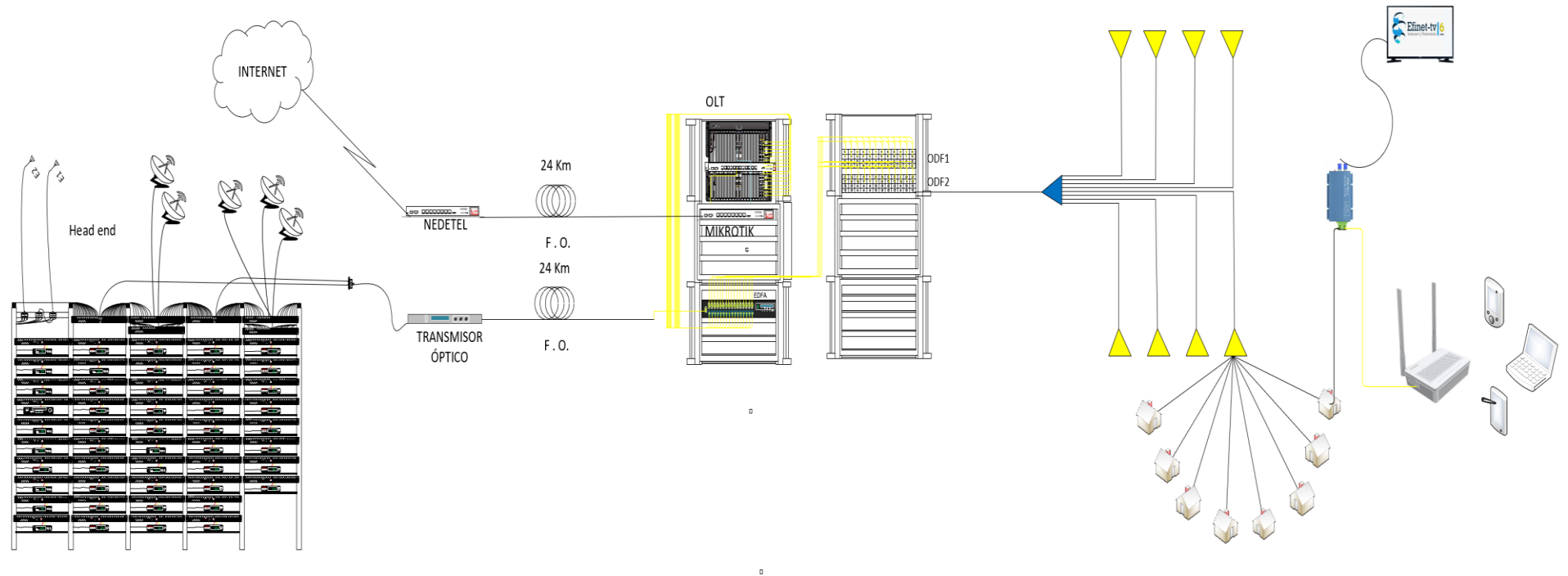
El elemento de fibra óptica que se consideran en la interfaz de nodo de servicio (SNI), para el acceso del abonado a la NAP de servicio, es el cable Drop G 657 de 2 hilos, ya que posee características funcionales para los servicios que se van a prestar, por su estructura es resistente a ambientes exteriores y por su flexibilidad soporta los dobleces que son provocados al momento de entrar a una casa para la instalación de la ONT.

Figura 54. Topología PON árbol extendido – multinivel, para la red ODN de la empresa Efinet-TV



Topología utilizada para la red de distribución óptica, Elaborado por El Autor.

Figura 55. Esquema lógico de la red de fibra óptica GPON de la empresa Efinet-TV



Esquema lógico utilizado para el transporte de los servicios y la distribución de la red a los abonados, Elaborado por El Autor.

## 4.5. Cálculos del enlace

### 4.5.1. Presupuesto óptico

El valor de atenuación producido de las pérdidas que se mencionan en el apartado 2.1.4, y para los cual se utilizaron los valores que la norma EIA/TIA 568 considera, además de especificaciones técnicas y valores permitidos de cada fabricante.

En las tablas a continuación, se observan los valores permitidos de atenuación para la red OND de cada zona.

Tabla 26. Presupuesto óptico ZONA 1

<b>ZONA 1</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,20
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	2,341	Km	0,25	0,59
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,78</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MINIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,5	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,20
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,457	Km	0,25	0,11
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,10</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

Tabla 27. Presupuesto óptico ZONA 2

<b>ZONA 2</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	1,009	Km	0,25	0,25
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,44</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,5	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,057	Km	0,25	0,01
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,00</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

Tabla 28. Presupuesto óptico ZONA 3

<b>ZONA 3</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,20
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,525	Km	0,25	0,13
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,32</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	7	10,20
Splitters 1:16	1	U	17	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,215	Km	0,25	0,05
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,24</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

Tabla 29. Presupuesto óptico ZONA 4

<b>ZONA 4</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	1,218	Km	0,25	0,30
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,49</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,30
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,386	Km	0,25	0,10
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,29</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

Tabla 30. Presupuesto óptico ZONA 5

<b>ZONA 5</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	3,139	Km	0,25	0,78
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,97</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
Conectores SC	4	U	0,5	2,00
Empalmes de fusión	5	U	0,1	0,50
Splitters 1:8	1	U	10,2	10,2
Splitters 1:16	1	U	13,49	13,49
Tramos de Fibra óptica	0,932	Km	0,25	0,23
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,42</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

Tabla 31. Presupuesto óptico ZONA 6

<b>ZONA 6</b>				
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÁXIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
<b>Conectores SC</b>	4	U	0,5	2,00
<b>Empalmes de fusión</b>	5	U	0,1	0,50
<b>Splitters 1:8</b>	1	U	10,2	10,2
<b>Splitters 1:16</b>	1	U	13,49	13,49
<b>Tramos de Fibra óptica</b>	8,719	Km	0,25	2,18
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>28,37</b>
<b>PRESUPUESTO OPTICO - DISTANCIA MÍNIMA</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Atenuación (dB)</b>	<b>Atenuación Total(dB)</b>
<b>Conectores SC</b>	4	U	0,5	2,00
<b>Empalmes de fusión</b>	5	U	0,1	0,50
<b>Splitters 1:8</b>	1	U	10,2	10,2
<b>Splitters 1:16</b>	1	U	13,49	13,49
<b>Tramos de Fibra óptica</b>	1,014	Km	0,25	0,25
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>26,44</b>

Cálculo del presupuesto óptico para en enlace con el abonado más lejano y más cercano, Elaborado por El Autor.

En base a los resultados se puede observar que los valores de atenuación varían en un rango de los 26 a los 28 dB de pérdidas, que se encuentran en el rango permitido por la red de distribución de categorización C++, - cabe recalcar que en las NAPs más lejanas se ha optado el uso solo de splitters de 1:8 por las distancias referidas, por lo que los umbrales de trabajo para la OLT y la ONT- son óptimos para su funcionamiento.

Cada splitter tiene una especificación que se pueden observar en los anexos.

#### 4.5.2. Relación de división

La OLT con las que se va a trabajar tiene trabaja con velocidad de 1.25 Gbps en sentido ascendente u de 2.50 Gbps en sentido descendente, la relación de división para las ODN que tienen un nivel de división de 1:64 por cada puerto PON, para el diseño y la topología elegida para la implementación permitirá brindar a cada usuario la capacidad máxima de ancho de banda de:

$$\begin{aligned}
 & \downarrow 2.50 \text{ Gpbs} / 64 = 39.0625 \text{ Mbps} \\
 & \uparrow 1.25 \text{ Gpbs} / 64 = 19.5312 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

### 4.5.3. Distancia máxima

La distancia máxima del trayecto de fibra óptica debe considerar una atenuación que garantice la comunicación entre el transmisor y el receptor. Para el desarrollo tenemos la siguiente ecuación:

$$\alpha = P_{\text{out OLT}} - S_{\text{sensibilidad ONT}}$$

$$\alpha = 7 \text{ dB} - (-27) = 34 \text{ dB}$$

$$D = \frac{(\alpha - P_{\text{conectores}} - P_{\text{splitter}} - \text{Margen seguridad})}{P_{F.O.} \text{ dB/Km}}$$

$$D_{\text{max}} = \frac{(34 - 2 \text{ dB} - 21 \text{ dB} - 3 \text{ dB})}{0.25}$$

$$D_{\text{max}} = 32 \text{ Km}$$

En base a los resultados obtenidos se puede determinar que la distancia soportable para funcionamiento de los equipos es aceptable ya que se puede trabajar en el margen que la OLT. Cada módulo del puerto PON es C++, lo que garantiza de igual forma el rango de sensibilidad admitido por el receptor, ver Anexo 11.

### 4.5.4. Cálculo de la atenuación

#### 4.5.4.1. Atenuación del enlace Guayllabamba – Yaruquí

Para el cálculo de la atenuación del enlace que transporta los servicios desde el nodo principal ubicado en Guayllabamba hasta el nodo ubicado en el sector de Yaruquí, nos referiremos al Anexo 6 donde nos muestra la atenuación total del enlace que es de 10,782 dB. Por lo que el cálculo de la potencia recibida se puede observar en el Anexo 12 y quedaría expresado en la siguiente ecuación:

$$P_{\text{RX}} (\text{dBm}) = P_{\text{TX}} (\text{dBm}) - \alpha_{\text{enlace}} (\text{dBm})$$

$$P_{\text{RX}} (\text{dBm}) = 21.55 \text{ dBm} - 10.782 \text{ dB}$$

$$P_{\text{RX}} (\text{dBm}) = 10.768 \text{ dBm}$$

#### 4.5.4.2. Atenuación del cliente del cliente más lejano y más cercano

El valor de la atenuación para cada longitud de onda de operación será en base a la distancia máxima de 8.719 km y mínima de 0.057 km del presupuesto óptico anteriormente calculado. A continuación, se puede observar los resultados.

Tabla 32. Cálculos de atenuación

Abonado más lejano al nodo										
Longitud de onda		Distancia				At.				
1310	nm	=	8,719	km	*	0,35	dB/km	=	3,052	dB/km
1490	nm	=	8,719	km	*	0,3	dB/km	=	2,616	dB/km
1550	nm	=	8,719	km	*	0,25	dB/km	=	2,18	dB/km

Abonado más cercano al nodo										
Longitud de onda		Distancia				At.				
1310	nm	=	0,057	km	*	0,35	dB/km	=	0,02	dB/km
1490	nm	=	0,057	km	*	0,3	dB/km	=	0,017	dB/km
1550	nm	=	0,057	km	*	0,25	dB/km	=	0,014	dB/km

Cálculos de atenuación para las longitudes de onda que transportan los datos, Elaborado por El Autor.

Para el cálculo de la atenuación total del abonado más lejano y más cercano se utiliza la atenuación de longitud de onda de 1550nm, la cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$P_{RX} \text{ (dBm)} = P_{TX} \text{ (dBm)} - \alpha_{enlace} - \alpha_{splitters} - \alpha_{conector} - \alpha_{fusion}$$

$$\alpha_{splitters} = (\alpha_{splitters \text{ 1er nivel}} + \alpha_{splitters \text{ 2do nivel}})$$

- Atenuación del cliente más lejano

$$P_{RX} \text{ (dBm)} = 19.1 \text{ dBm} - (10.5 \text{ dB} + 14 \text{ dB}) - 2 \text{ dB} - 0.5 \text{ dB} - 2,18 \text{ dB}$$

$$P_{RX} \text{ (dBm)} = -10.08 \text{ dBm}$$

El cálculo corresponde a un valor aproximado de la medición con el equipo OTDR la medición del cliente más lejano se puede observar en el Anexo 12.

- Atenuación del cliente más cercano

$$P_{RX} \text{ (dBm)} = 19.1 \text{ dBm} - (10.5 \text{ dB} + 14 \text{ dB}) - 2 \text{ dB} - 0.5 \text{ dB} - 0,11 \text{ dB}$$

$$P_{RX} \text{ (dBm)} = -8,01 \text{ dBm}$$

El cálculo corresponde a un valor aproximado de la medición con el equipo OTDR la medición del cliente más cercano se puede observar en el Anexo 12.

#### 4.6. Selección de equipos

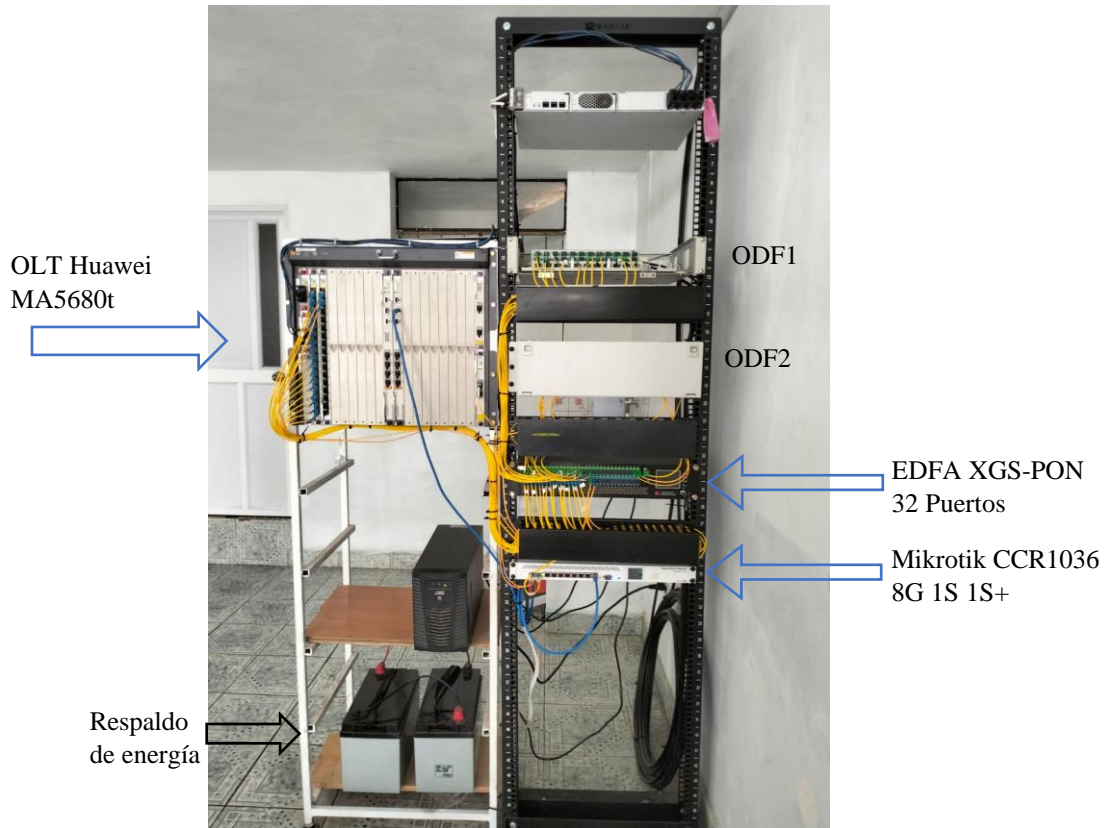
Los equipos seleccionados que integran el núcleo de la red del nodo ubicado en el sector Yaruquí, se eligieron en base a consideraciones y parámetros técnicos, que se ajusten a la tecnología que la empresa Efinet-TV utiliza. De igual forma el dimensionamiento y la capacidad de la red fue un factor a tomar en cuenta para la selección de los equipos que se detallan a continuación:

Tabla 33. Especificaciones técnicas de los equipos de borde del nodo de Yaruquí

	<b>CONCEPTO</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
	Compatible with:	Huawei, ZTE,BDCOM,Raisecom OLTs
	Max GPON Ports:	256
<b>OLT</b>	Max users:	64*10G GPON
<b>HUAWEI</b>	Dimension:	490mmx275.8mmx447.2mm
<b>MA5680T</b>	Material:	Metal
	Main Control Board:	SCUN
	PON Port Board:	GPBD,GPHD,GPDF,EPSP,EPBD,EPFD
	PON Module:	B+,C,C+,C++
	2 Tarjetas PON 16 Puertos	C++
	$\lambda$ operación CATV	1530~1565 nm
	$\lambda$ paso OLT	1310/1490 nm
	Aislamiento de CATV y de OLT	40 dB
	Potencia de entrada en CATV	de - 5 a + 10 dBm
	Potencia de salida por cada puerto	de 6 a 23 dBm (22 dBm garantizados)
<b>EDFA</b>	Rango ajustable de potencia de salida	de - 3 a 0 dBm
<b>XGS - PON</b>	Figura de ruido (Pin=0dBm)	de 4.5 a 5 dB
<b>32 PUERTOS</b>	Aislamiento entre entrada-salida	30 dB
	Conectores ópticos (IN/OUT)	IN: SC/APC (CATV) SC/PC (GPON) OUT: SC/APC
	Consumo de potencia	50 a 150 W
	Potencia de salida total	de 27 a + 38 dBm
	Alimentación	90-265 vAC (220 VAC )- 30-72 vDC (-48vDC)
	Temperatura de trabajo	de 0 a 65 °C
	Humedad relativa	de 5 a 95 %
	Tamaño ancho*fondo*alto	482mmx387mmx130mm
	SFP DDMI	Sí
	Número de núcleos de CPU	9
	Arquitectura	AZULEJO
	Tamaño de RAM	2 GB
	Puertos Ethernet 10/100/1000	8
	Número de puertos USB	1
<b>MIKROTIK</b>	Conector de alimentación	2
<b>CCR1009</b>	Voltaje de entrada soportados	14 V - 57 V
<b>8G 1S 1S+</b>	Dimensiones	444x175x47mm
	Sistema operativo	RouterOS
	Puertos SFP	1
	Puertos SFP+	1
	UPC	TLR4-00980CG-10CE
	El tamaño de almacenamiento	128 MB

Especificaciones técnicas de los equipos que proveerán del servicio de internet y televisión en el sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

Figura 56. Equipos de núcleo de red ubicado en el nodo de Yaruquí



Equipos de borde y amplificador para el envío de las señales de datos, audio y video, a través de la red ODN implementada en el sector de la parroquia de Yaruquí. Elaborado por El Autor.

#### 4.7. Análisis económico

En la etapa del proyecto de instalación o tendido de la red, representa el 80% de la inversión total de la red de fibra óptica GPON, ya que la inversión de la fibra óptica para la red es un costo fijo y variable, ya que se consideran cambios que aparecen en el transcurso de la construcción de la red.

De igual forma la inversión en los equipos que integran el núcleo de la red se seleccionan para un adecuado funcionamiento de la red GPON, mismos que ayudaran a cumplir con los objetivos que apunta la empresa Efinet-TV, y son los que a lo largo de las operaciones de la empresa generaran los costos de operación y los ingresos por la venta de los servicios.

## 4.8. Presupuesto de gastos

### 4.8.1. Volumen de Obra Yaruquí

Tabla 34. Volumen de Obra de la red de fibra óptica en el sector de Yaruquí

ITEM	DETALLE	UNIDA D	TOTAL, UTILIZAD O	P UNITARIO	TOTAL
1	Cable de FO Drop plana de 2 hilos	M	12515	\$ 0,08	\$ 1.001,20
3	Cable de FO Drop plana de 6 hilos	M	10979	\$ 0,11	\$ 1.207,69
4	Cable de FO Drop plana de 8 hilos	M	6406	\$ 0,14	\$ 896,84
6	Cable de FO ADSS de 12 hilos	M	9874	\$ 0,66	\$ 6.516,84
7	Cable de FO ADSS de 24 hilos	M	1380	\$ 0,88	\$ 1.214,40
8	Cable de FO ADSS de 48 hilos	M	1410	\$ 1,12	\$ 1.579,20
9	Caja Nap IP65 con transiciones de 16 pt	U	224	\$ 19,50	\$ 4.368,00
10	Caja Nap IP68 con transiciones de 16 pt	U	32	\$ 49,90	\$ 1.596,80
11	Manga de empalme tipo domo de 48 hilos	U	4	\$ 65,70	\$ 262,80
16	PLC 1x8 Conectorizado SC-APC	U	32	\$ 7,89	\$ 252,48
17	PLC 1x16 Conectorizado SC-APC	U	256	\$ 14,21	\$ 3.637,76
18	Herraje tipo A de retención para FO	U	479	\$ 2,30	\$ 1.102,28
20	Ganchos de dispersión	U	512	\$ 0,60	\$ 307,20
21	Cinta bandimex de 1/2	U	1,89	\$ 23,00	\$ 43,55
22	Cinta bandimex de 3/4	U	66,10	\$ 25,00	\$ 1.652,58
23	Hebillas metálicas de 3/4 (vinchas)	U	2015	\$ 0,28	\$ 564,27
25	Preformados para cable ADSS 9.6 - 10.6	U	586	\$ 2,99	\$ 1.752,14
27	OLT Huawei MA5680T	U	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
28	Tarjeta PON C++	U	2	\$ 1.900,00	\$ 3.800,00
29	YEDFA con WDM de 16x23dBm	U	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
30	Mikrotik CCR1009 8G-1S-1S+	U	1	\$ 650,00	\$ 650,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$37.756,03</b>

Costo de materiales y equipos para la red de la parroquia de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

#### 4.8.2. Mano de Obra e Instalación.

Tabla 35. Costos generales del tendido de la red de fibra óptica en el sector de Yaruquí de la empresa Efinet-TV

ITEM	DETALLE	UNIDAD	C. TOTAL	PAREJAS	EJECUCIÓN	DIAS	H. LAB	DIAS LAB
1	INSTALACION DE HERRAJES PARA FO ADSS	M	479	2	50	4,79	114,96	14,37
2	INSTALACION DE GANCHO DE DISPERSION	M	512	2	100	2,56	61,44	7,68
1	TENDIDO DE CABLE DE FO ADSS	M	12664	3	500	8,44	202,62	25,33
2	TENDIDO DE CABLE DROP	M	29900	2	4000	3,74	89,70	11,21
9	INSTALACION DE NAPS	U	256	2	10	12,80	307,20	38,40
10	SANGRADO DE CABLE ADSS EN NAP	U	179	2	4	22,40	537,60	67,20
11	FUSION DE NAP EN PUNTA	U	81	2	10	4,03	96,77	12,10
12	EJECUCION DE EMPALME EN MANGA	U	2	2	1	1,00	24,00	3,00
13	SANGRADO DE CABLE ADSS EN MANGA	U	2	2	1	1,00	24,00	3,00
14	EJECUCION DE EMPALME EN ODF 24-48-96H	U	1	2	1	0,50	12,00	1,50
15	PATCHEO CONECTORIZACION EN NODO	Series	5	2	16	0,16	3,75	0,47
						<b>61,42</b>	<b>1474,04</b>	<b>184,26</b>
ITEM	CANTIDAD	CANTIDAD	DIAS DEL MES	DIAS TOTALES	SBU x TRABAJADOR	TOTAL		
1	JEFE DE GRUPO	1	24	184,26	21,67	3992,20		
2	TECNICOS	3	24	184,26	18,33	3378,01		
3	HERRAMIENTAS BASICAS		24	184,26	20,00	3685,11		
4	CAMIONETA	1	24	184,26	23,33	4299,29		
8	HIDRATACION	4	24	184,26	0,63	115,16		
<b>SUBTOTAL</b>						<b>15354,60</b>		
1	<b>RENDIMIENTO</b>							
	FERRETERIA				3,476%	533,73		
<b>SUBTOTAL</b>					1,00	6,67		
2						<b>540,39</b>		
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>							
					13,000%	70,25		
<b>TOTAL</b>						<b>610,64</b>	<b>VALOR DIARIO</b>	
						<b>112514,32</b>	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	

Costos de instalación y viáticos que fueron necesarios para la implementación de la red de fibra óptica con tecnología GPON para el sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

#### 4.8.1. Análisis de recuperación de inversión

Tabla 36. Flujo de caja proyectado mensual de la empresa Efinet-TV

FLUJO DE CAJA PROYECTADO MENSUAL													
FLUJO DE CAJA PROYECTADO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL 2022-2023
<b>INGRESOS OPERACIONALES</b>													
Ingresos por ventas/servicios	25.767,09	24.619,75	26.380,54	25.419,50	25.347,08	24.728,24	24.609,40	25.690,65	24.279,24	25.467,48	25.556,88	25.664,22	202.562,25
Recuperación de cuentas por cobrar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros ingresos operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL INGRESO OPERACIONAL</b>	<b>\$ 25.767,09</b>	<b>\$ 24.619,75</b>	<b>\$ 26.380,54</b>	<b>\$ 25.419,50</b>	<b>\$ 25.347,08</b>	<b>\$ 24.728,24</b>	<b>\$ 24.609,40</b>	<b>\$ 25.690,65</b>	<b>\$ 24.279,24</b>	<b>\$ 25.467,48</b>	<b>\$ 25.556,88</b>	<b>\$ 25.664,22</b>	<b>202.562,25</b>
<b>EGRESOS OPERACIONALES</b>													
Costos de ventas	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	\$ 7.480,00	59.840,00
Gastos administrativos y de ventas	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	\$ 12.300,00	98.400,00
Otros egresos operacionales	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	28.800,00
<b>TOTAL EGRESOS OPERACIONALES</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>\$ 23.380</b>	<b>187.040,00</b>
<b>FLUJO OPERACIONAL</b>	<b>\$ 2.387</b>	<b>\$ 1.240</b>	<b>\$ 3.001</b>	<b>\$ 2.040</b>	<b>\$ 1.967</b>	<b>\$ 1.348</b>	<b>\$ 1.229</b>	<b>\$ 2.311</b>	<b>\$ 899</b>	<b>\$ 2.087</b>	<b>\$ 2.177</b>	<b>\$ 2.284</b>	<b>15.522,25</b>
<b>INGRESOS NO OPERACIONALES</b>													
Desembolsos del préstamo bancario	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 350.000	\$ -	\$ -	-
Otros ingresos no operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-
<b>TOTAL INGRESOS NO OPERACIONALES</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 350.000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>-</b>
<b>EGRESOS NO OPERACIONALES</b>													
Pagos de capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-
Pago de intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-
Otros egresos no operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-
<b>TOTAL EGRESOS NO OPERACIONALES</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>-</b>
<b>FLUJO NO OPERACIONAL</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 350.000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>-</b>
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$ 2.387</b>	<b>\$ 1.240</b>	<b>\$ 3.001</b>	<b>\$ 2.040</b>	<b>\$ 1.967</b>	<b>\$ 1.348</b>	<b>\$ 1.229</b>	<b>\$ 2.311</b>	<b>\$ 899</b>	<b>\$ 352.087</b>	<b>\$ 2.177</b>	<b>\$ 2.284</b>	<b>15.522,25</b>
SALDO INICIAL DE CAJA	\$ -	\$ 2.387	\$ 3.627	\$ 6.627	\$ 8.667	\$ 10.634	\$ 11.982	\$ 13.212	\$ 15.522	\$ 16.421	\$ 368.509	\$ 370.686	372.970,07
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>\$ 2.387</b>	<b>\$ 3.627</b>	<b>\$ 6.627</b>	<b>\$ 8.667</b>	<b>\$ 10.634</b>	<b>\$ 11.982</b>	<b>\$ 13.212</b>	<b>\$ 15.522</b>	<b>\$ 16.421</b>	<b>\$ 368.509</b>	<b>\$ 370.686</b>	<b>\$ 372.970</b>	<b>388.492,32</b>

El flujo mensual proyectado es basa en los ingresos que la empresa ha mantenido en el año 2022 por lo que se considera para verificar que el proyecto no afecte los recursos financieros de la empresa, Elaborado por El Autor.

Tabla 37. Flujo de caja proyectado anual de la empresa Efinet-TV

FLUJO DE CAJA PROYECTADO ANUAL																					
FLUJO DE CAJA PROYECTADO	2022	% crecimiento	2023	% crecimiento	2024	% crecimiento	2025	% crecimiento	2026	% crecimiento	2027	% crecimiento	2028	% crecimiento	2029	% crecimiento	2030	% crecimiento	2031	% crecimiento	2032
<b>INGRESOS OPERACIONALES</b>																					
Ingresos por ventas/servicios	\$ 202.562	18%	\$ 239.023	15%	\$ 274.877	12%	\$ 307.862	11%	\$ 341.727	11%	\$ 379.317	10%	\$ 417.249	10%	\$ 458.974	9%	\$ 500.281	9%	\$ 545.307	9%	\$ 594.384
Recuperación de cuentas por cobrar	\$ -	1%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	1%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	1%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -
Otros ingresos operacionales	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -
<b>TOTAL INGRESO OPERACIONAL</b>	<b>\$ 202.562</b>		<b>\$ 239.023</b>		<b>\$ 274.877</b>		<b>\$ 307.862</b>		<b>\$ 341.727</b>		<b>\$ 379.317</b>		<b>\$ 417.249</b>		<b>\$ 458.974</b>		<b>\$ 500.281</b>		<b>\$ 545.307</b>		<b>\$ 594.384</b>
<b>EGRESOS OPERACIONALES</b>																					
Costos de ventas	\$ 59.840	11%	\$ 66.422	10%	\$ 73.065	11%	\$ 81.102	12%	\$ 90.834	12%	\$ 101.734	12%	\$ 113.942	11%	\$ 125.906	10%	\$ 138.497	10%	\$ 152.346	10%	\$ 167.581
Gastos administrativos y de ventas	\$ 98.400	10%	\$ 108.240	10%	\$ 119.064	10%	\$ 130.970	11%	\$ 145.377	12%	\$ 162.822	12%	\$ 182.361	10%	\$ 200.597	5%	\$ 210.627	5%	\$ 221.158	5%	\$ 232.216
Otros egresos operacionales	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800	0%	\$ 28.800
<b>TOTAL EGRESOS OPERACIONALES</b>	<b>\$ 187.040</b>		<b>\$ 203.462</b>		<b>\$ 220.929</b>		<b>\$ 240.872</b>		<b>\$ 265.011</b>		<b>\$ 293.356</b>		<b>\$ 325.103</b>		<b>\$ 355.303</b>		<b>\$ 377.924</b>		<b>\$ 402.305</b>		<b>\$ 428.597</b>
<b>FLUJO OPERACIONAL</b>	<b>\$ 15.522</b>		<b>\$ 35.561</b>		<b>\$ 53.948</b>		<b>\$ 66.990</b>		<b>\$ 76.716</b>		<b>\$ 85.961</b>		<b>\$ 92.146</b>		<b>\$ 103.670</b>		<b>\$ 122.358</b>		<b>\$ 143.002</b>		<b>\$ 165.787</b>
<b>EGRESOS NO OPERACIONALES</b>																					
Pagos de capital	\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000		\$ 35.000
Pago de intereses	\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500		\$ 3.500
Otros egresos no operacionales	\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
<b>TOTAL EGRESOS NO OPERACIONALES</b>	<b>\$ -</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>		<b>\$ 38.500</b>
<b>FLUJO NO OPERACIONAL</b>	<b>\$ -</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>		<b>\$ (38.500)</b>
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$ 15.522</b>		<b>\$ (2.939)</b>		<b>\$ 15.448</b>		<b>\$ 28.490</b>		<b>\$ 38.216</b>		<b>\$ 47.461</b>		<b>\$ 53.646</b>		<b>\$ 65.170</b>		<b>\$ 83.858</b>		<b>\$ 104.502</b>		<b>\$ 127.287</b>
<b>SALDO INICIAL DE CAJA</b>	<b>\$ 372.970</b>		<b>\$ 388.492</b>		<b>\$ 385.553</b>		<b>\$ 401.002</b>		<b>\$ 429.492</b>		<b>\$ 467.708</b>		<b>\$ 515.168</b>		<b>\$ 568.814</b>		<b>\$ 633.984</b>		<b>\$ 717.842</b>		<b>\$ 822.344</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>\$ 388.492</b>		<b>\$ 385.553</b>		<b>\$ 401.002</b>		<b>\$ 429.492</b>		<b>\$ 467.708</b>		<b>\$ 515.168</b>		<b>\$ 568.814</b>		<b>\$ 633.984</b>		<b>\$ 717.842</b>		<b>\$ 822.344</b>		<b>\$ 949.630</b>

Flujo proyectado a los 10 años de operación desde la implementación de la red de fibra óptica en el sector de Yaruquí, Elaborado por El Autor.

#### 4.8.1.1. Valor actual neto VAN Y Tasa Interna de Retorno TIR

Tabla 38. Cálculo de la Tasa de Descuento

<b>CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO</b>					
<b>Fuente de Apalancamiento</b>	<b>Aportación</b>	<b>Peso Relativo al monto</b>	<b>Costo de Capital</b>	<b>Ponderación</b>	
<b>RECURSOS PROPIOS</b>					
<b>Aporte socios</b>	\$ 68.000,00	0,49	15%	7,39%	
<b>RECURSOS AJENOS</b>					
<b>Préstamo Proveedores</b>	\$ 70.000,00	0,51	10,00%	5,07%	
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>	\$ 138.000,00				

Se calcula en base al aporte de los socios y los acuerdos crediticios que mantienen con los proveedores de la empresa Efinet-TV, Elaborado por El Autor.

Tabla 39. Análisis de sensibilidad

<b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD OPTIMISTA</b>					
<b>Ítem</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>FLUJOS NETOS</b>	<b>Columna5</b>	<b>FLUJOS NETOS2</b>
<b>0</b>			-		-68.000,00
<b>1</b>	239.023,46	203.462,40	35.561,06		35.561,06
<b>2</b>	274.876,97	259.428,64	15.448,33		15.448,33
<b>3</b>	307.862,21	279.372,15	28.490,06		28.490,06
<b>4</b>	341.727,05	303.511,10	38.215,95		38.215,95
<b>5</b>	379.317,03	331.856,44	47.460,59		47.460,59
<b>6</b>	417.248,73	363.603,21	53.645,52		53.645,52
<b>7</b>	458.973,61	393.803,24	65.170,36		65.170,36
<b>8</b>	500.281,23	416.423,71	83.857,52		83.857,52
<b>9</b>	545.306,54	440.804,72	104.501,82		104.501,82
<b>10</b>	594.384,13	467.097,27	127.286,85		127.286,85
	<b>4.059.000,96</b>	<b>3.459.362,88</b>	<b>599.638,07</b>		<b>531.638,07</b>

Cálculo de los flujos netas proyectados a 10 años, Elaborado por El Autor.

<b>DATOS</b>			
<b>f1</b>	\$35.561,06		
<b>f2</b>	\$15.448,33		
<b>f3</b>	\$28.490,06	TIR>TASA DESCUENTO=	PROYECTO RENTABLE
<b>f4</b>	\$38.215,95	TIR=TASA DESCUENTO=	CUMPLE CON LA RENTABILIDAD ESPERADA
<b>f5</b>	\$47.460,59	TIR<TASA DESCUENTO=	PROYECTO NO ES RENTABLE
<b>f6</b>	\$53.645,52		
<b>f7</b>	\$65.170,36		
<b>f8</b>	\$83.857,52	<b>VAN</b>	<b>\$146.756,53</b>
<b>f9</b>	\$104.501,82		
<b>f10</b>	\$127.286,85	<b>TIR</b>	<b>51%</b>
<b>n</b>	10 años		<b>PROYECTO RENTABLE</b>
<b>i</b>	12%		
<b>IO</b>	68.000,00		

## CONCLUSIONES

- El diseño de la red GPON permitió tasas de transmisión de datos satisfactorias; los estándares, recomendaciones y normas para su despliegue mantiene los márgenes para un óptimo presupuesto óptico y correcto desempeño de los equipos de núcleo de red en los lugares más lejanos al nodo principal.
- Las mangas de distribución, cajas NAPs, splitters de primer y segundo nivel se ubicaron estratégicamente al igual que los feeder principales que conforman la troncal, de esta manera se garantiza que la red cumpla con los parámetros para expansiones futuras y satisfaga la demanda de posibles abonados en cada zona.
- La sensibilidad óptica de los equipos de red utilizados para el envío de señales de datos, dio como resultado potencias aceptables en los enlaces ópticos de la red ODN y una correcta operación en las terminales de red óptica de los abonados.
- La red GPON en el sector de Yaruquí, requirió de una inversión significativa, lo que se traduce en una recuperación a largo plazo de lo invertido, pero con las garantías de una expansión constante que permitirá el desarrollo de la empresa a otros sectores en donde sus servicios de datos, audio y video serán reconocidos por su confiabilidad, seguridad y estabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

- Un correcto funcionamiento de la red, dependerá de los sistemas de monitoreo y control utilizados, de esta forma vamos a garantizar la estabilidad de los servicios de datos, audio y video que la empresa Efinet-TV ofrece a sus abonados.
- Para la implementación de la red de fibra óptica, es esencial contar con personal altamente calificado y con experiencia en la construcción de este tipo de redes, ya que en el campo se han de considerar posibles cambios que no se tomaron en cuenta para la factibilidad del diseño y despliegue de la red.
- Los abonados que se encuentran a largas distancias del nodo principal ubicado en Yaruquí, la caja NAP a la que están conectados el splitter utilizado deberá ser en lo posible de menor nivel, para llegar con una potencia adecuada a la terminal de red óptica.
- Para el óptimo desempeño de la red, futuras expansiones y el tiempo de vida útil de la misma, es necesario que los cables de fibra óptica utilizados para el despliegue sean certificados de esta forma se garantiza estos parámetros de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, P. G. (2022). Maestría en Tenologías de la información. *Diseño y Administración de Redes de Fibra Óptica*. Quito.
- Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga. (s.f.). *El éxito incuestionable de la tecnología FTTH*. Obtenido de <https://fibroptica.blog.tartanga.eus/2021/11/15/el-exito-incuestionable-de-la-tecnologia-ftth/>
- Cevallos R. Ramiro, M. E. (2010). *Estudio y Diseño de una Red de Última Milla*,. Quito-Ecuador: Ingeniería Electrónica y Redes de Información, Escuela Politécnica Naciona.
- Cifuentes, J. (2020). *Desarrollo de un esquema de calidad de servicio para el proveedor de servicios de internet Efinet-tv*. Quito.
- Henry Bolivar, H. C. (2005). *Tecnología de redes de banda ancha Redes HFC*. Cartagena.
- International Telecommunication Union. (2009). *Optical fibres, cables & systems* (2009 ed.). Ginebra, Suiza: ITU-T-Manual.
- Internexa. (s.f.). *FTTX*. Obtenido de Que es FTTX: <https://blog.internexa.com/es/isp/que-es-fttx>
- Keiser, G. (2003). *Optical Communications Essentials* (2003 ed.). United States: McGraw-Hill NETWORKING.
- Leon, C. (2015). *Análisis y diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP TroncalNet en al canton Cañar*. Quito.
- MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. (2016-2021). *PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN DEL ECUADOR*.
- NeoBroadband.net. (s.f.). *Como encaja Remote PHY en la arquitectura de fibra profunda*. Obtenido de Descripción general de la tecnología CWDM y DWDM: <https://neobroadband.net/como-encaja-remote-phy-en-la-arquitectura-de-fibra-profunda/>
- SISUTELCO. (30 de septiembre de 2020). *Introducción a las redes FTTX*. Obtenido de <https://sisutelco.com/introduccion-redes-fttx/>
- Telnet. (2014, Jun). *ResearchGate*, from [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Diagrama-de-red-GPON-adaptada-de-Telnet-2014\\_fig2\\_345396906](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Diagrama-de-red-GPON-adaptada-de-Telnet-2014_fig2_345396906)
- Valverde, W. P. (2018). *Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la Operación & Mantenimiento de una Red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs*. Quito.

# ANEXOS

# ANEXO 1



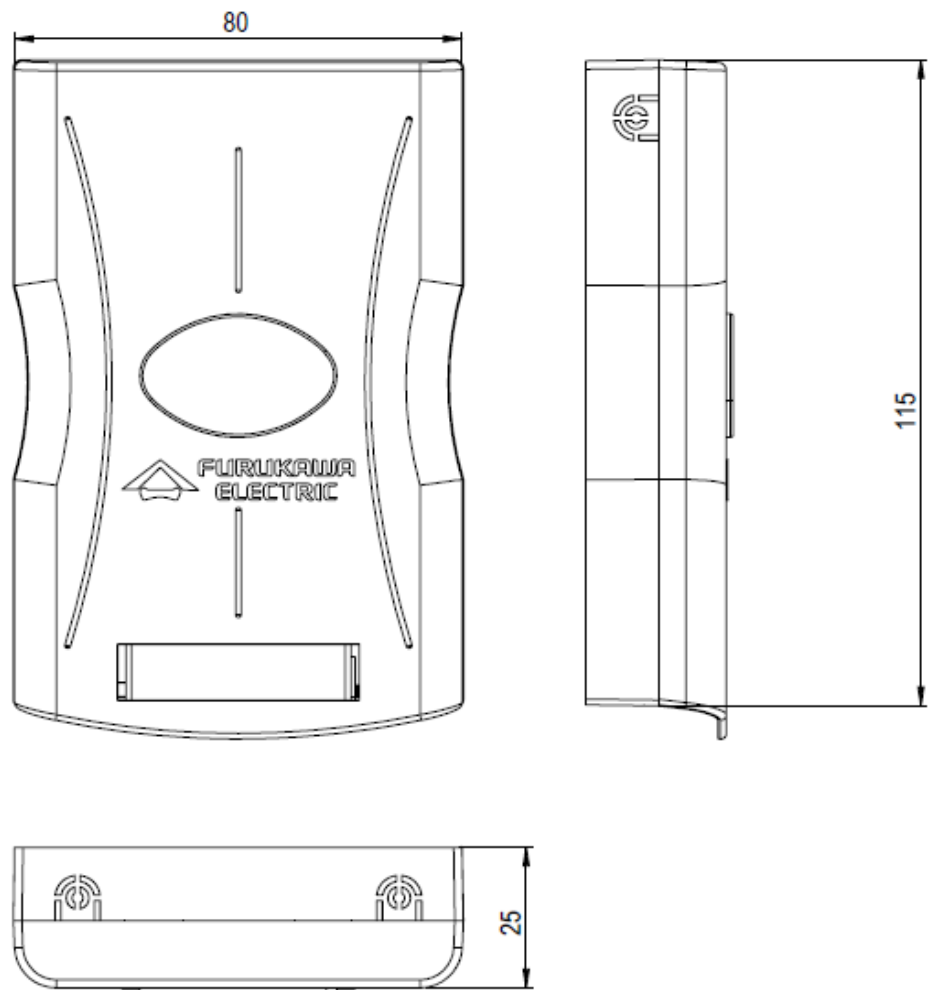
## ROSETA ÓPTICA



<b>Descripción</b>	La roseta óptica actúa como un punto de terminación de la red óptica utilizando conectorización directa o empalme por fusión en una extensión pre-conectorizada (pigtail).
<b>Aplicación</b>	Aplicación en redes internas de FTTx.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser instalado en cualquier superficie vertical plana o sobre caja 4x2" embutida en pared;</li> <li>• Dimensionamiento compacto;</li> <li>• Manejo fácil, no necesita de herramientas especiales;</li> <li>• La reserva de fibra óptica queda dentro del producto;</li> <li>• Permite acomodación de protectores de empalme por fusión de 40mm o 60mm;</li> <li>• Capacidad para almacenar 20cm de cordón óptico con 3mm de diámetro;</li> <li>• Cinco accesos para entrada y salida de cables o cordones ópticos (patch cords): 2 inferiores, 1 superior, 1 lateral y 1 acceso en la tapa posterior;</li> <li>• Cumple con lo especificado en las recomendaciones de la norma IEC 61755-1;</li> <li>• La tapa es cerrada con un solo tornillo en acero inoxidable.</li> </ul>
<b>Ambiente de Instalación</b>	Interno.
<b>Ambiente de Operación</b>	Interno.
<b>Temperatura de Operación (°C)</b>	-25 a 75°C.
<b>Altura (mm)</b>	115.
<b>Ancho (mm)</b>	80.
<b>Profundidad (mm)</b>	25.
<b>Color</b>	Blanco.
<b>Tipo de Cable</b>	Cable flat compacto.
<b>Diámetro máximo del cable de entrada (mm)</b>	5,8.
<b>Tipo de la Fibra</b>	Monomodo y multimodo

Tipo de Conector	SC o LC.
Material del Cuerpo del Producto	PC+ABS.
Protección de impacto	IK01.
Identificación	Etiqueta detrás de la tapa
Cantidad de Adaptadores	Possibilidades: 2 simplex SC; 1 duplex LC.
Cantidad de Empalmes	2.
Cantidad de Posiciones	Hasta 2 empalmes por fusión o mecánicas.
Accesorios Incluidos	04 cintas plásticas, 02 tornillos de fijación, 02 tornillos para cierre de la tapa.
Garantía	12 meses.
Compatibilidad	Cantidad de conectores de campo o extensiones: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 conector de campo SC para cable drop flat (3x2mm o 2x1,6mm) o cable circular (3mm) + 1 extensión óptica SC o conector de campo SC para fibra aislada 0,9mm.</li><li>o</li><li>• 2 conectores de campo SC para fibra aislada 0,9mm.</li><li>o</li><li>• 2 extensiones SC o 1 LC duplex.</li></ul>
Norma	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grado de protección: IEC 60529;</li><li>• Variación de temperatura: IEC 61300-2-22;</li><li>• Telcordia GR-771.</li></ul>

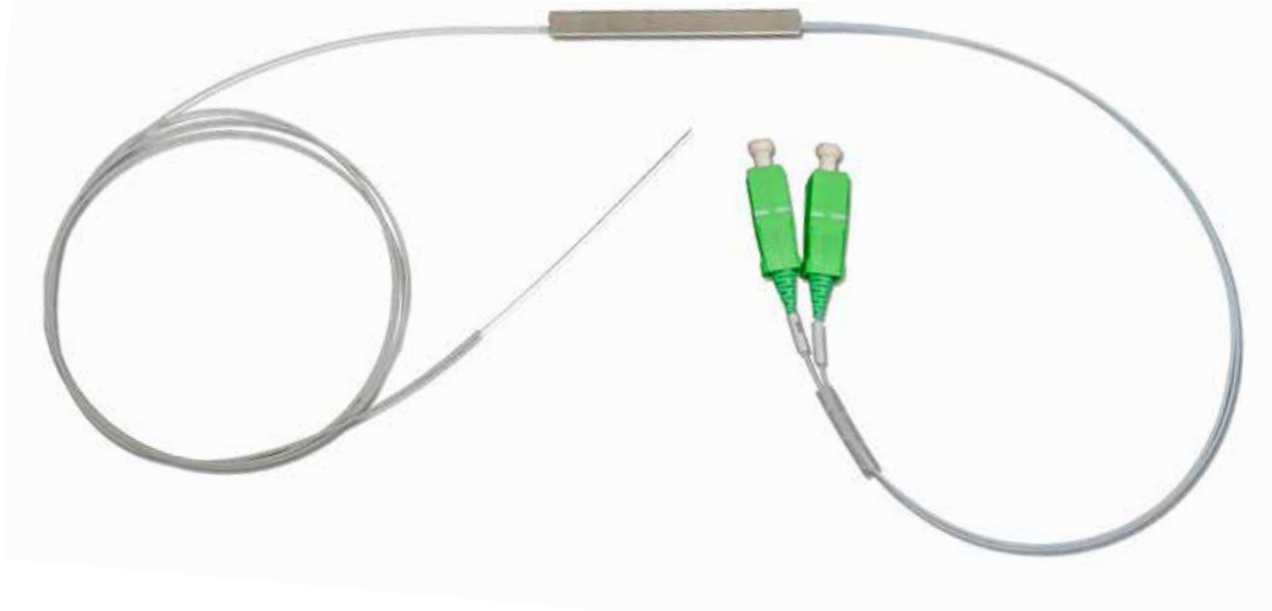
Dibujo técnico



[Codificación](#)

# ANEXO 2

## FIBERX TERMINAL & CLOSURE SPLITTERS



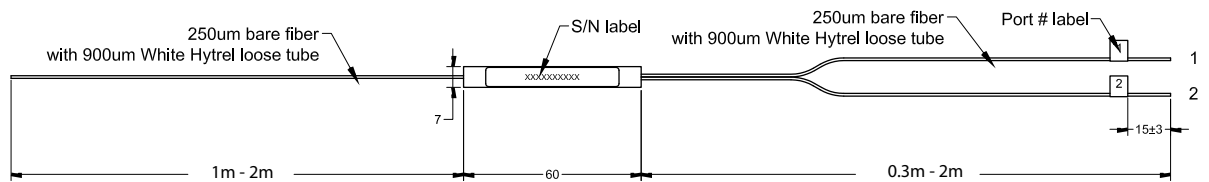
### FEATURES

- High Reliability
- Robust Performance
- Compact Package
- RoHS Compliant

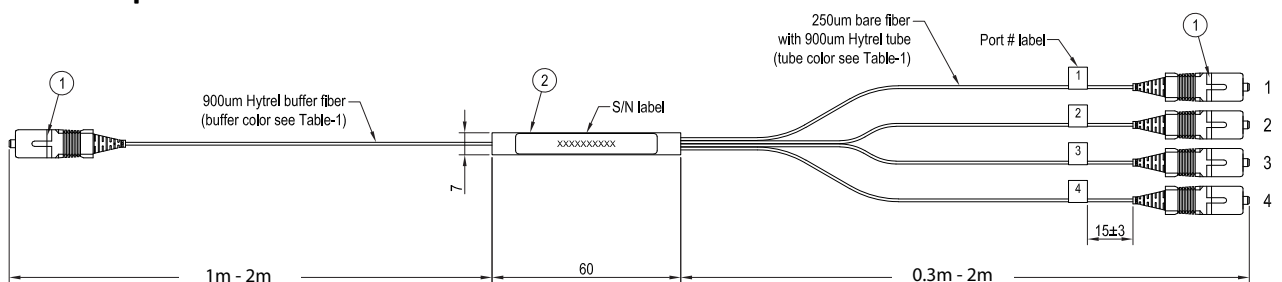
### APPLICATIONS

- Telecommunications
- Network Monitoring
- FTTX

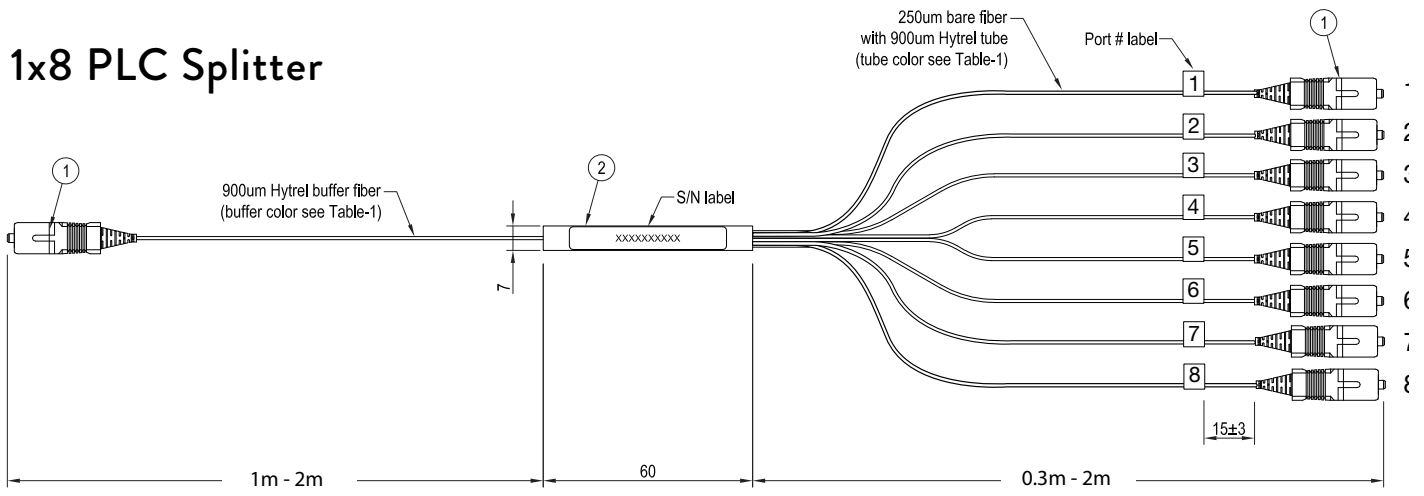
### 1x2 PLC Splitter



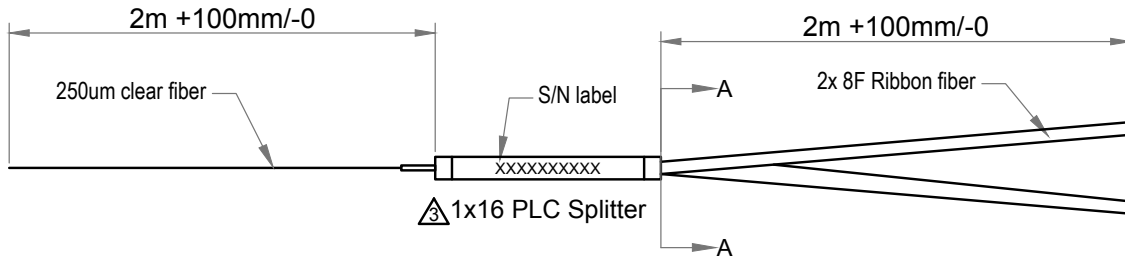
### 1x4 PLC Splitter



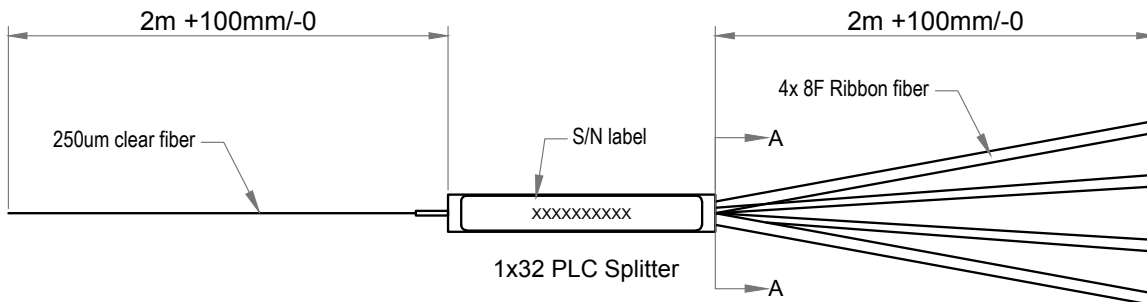
# 1x8 PLC Splitter



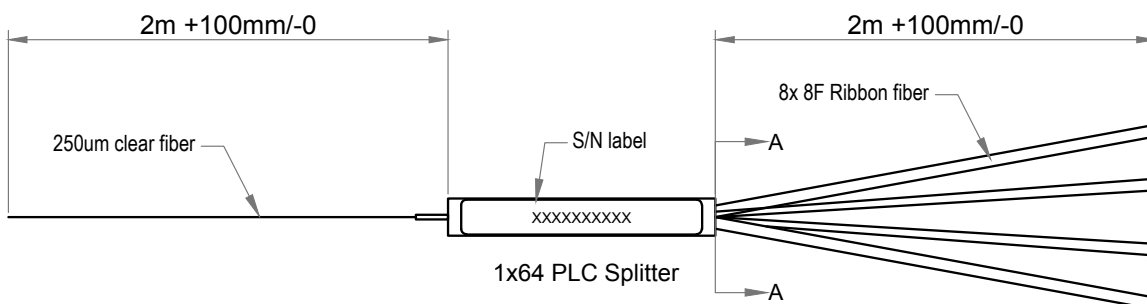
# 1x16 PLC Splitter




# 1x32 PLC Splitter



# 1x64 PLC Splitter



# SPECIFICATIONS (ALL TYPES)

CONFIGURATION TYPE	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Operating Wavelength Range (nm)	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650
Insertion loss (dB)	≤ 3.8	≤ 7.7	≤ 7.7	13.7	16.9	21.0
Uniformity (dB)	≤ 0.4	≤ 0.8	≤ 0.8	1.2	1.5	≥ 2.0
PDL Max (dB)	≥ 0.2	≥ 0.2	≥ 0.2	0.3	0.3	0.3
Return Loss Min (dB)	≥ 55	≥ 55	≥ 55	55	55	≥ 55
Directivity Min (dB)	≥ 55	≥ 55	≥ 55	55B	55	≥ 55
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°
Storage Temperature (°C)	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°	-40 ~ +85°
Fiber Type	G.657A1	G.657A1	G.657A1	ITU-T G.657.A1	ITU-T G.657.A1	ITU-T G.657.A1
Dimensions LxWxH (mm)	60 x 7 x 4	60 x 7 x 4	60 x 7 x 4	60 x 7 x 4	60 x 7 x 4 	60 x 12 x 4
Connector Type	SC/APC or Leads Only	SC/APC or Leads Only	SC/APC or Leads Only	SC/APC or Leads Only	Leads Only	Leads Only

Values taken at room temperature, 1310 and 1550nm.  
Values including PDL, but not including WDL and TDL.

## PART NUMBERS

PART #	DESCRIPTION
SPL1X02CNAANPPK	Splitter 1x2 PLC 60x7x4, 1.5m splice input, 0.3m SC-APC output, Green Hornet, 12-pack
SPL1X04CNAANPPK	Splitter 1x4 PLC 60x7x4, 1.5m splice input, 0.3m SC-APC output, Green Hornet, 12-pack
SPL1X08CNAANPPK	Splitter 1x8 PLC 60x7x4, 1.5m splice input, 0.3m SC-APC output, Green Hornet, 12-pack
SPL1X02BNBANPPK	Splitter 1x2 PLC 60x7x4, 1m splice input, 1m SC-APC output, Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X04BNBANPPK	Splitter 1x4 PLC 60x7x4, 1m splice input, 1m SC-APC output, Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X08BNBANPPK	Splitter 1x8 PLC 60x7x4, 1m splice input, 1m SC-APC output, Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X02DNDNNPPK	Splitter 1x2 PLC 60x7x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X04DNDNNPPK	Splitter 1x4 PLC 60x7x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X08DNDNNPPK	Splitter 1x8 PLC 60x7x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X16DNDNNPPK	Splitter 1x16 PLC 60x7x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X32DNDNNPPK	Splitter 1x32 PLC 60x7x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack
SPL1X64DNDNNPPK	Splitter 1x64 PLC 60x12x4, 2m splice input, 2m splice output, Green Hornet and Yellow Jacket, 12-pack



## CHANNELL

Where The Industry Connects.

**WORLDWIDE HEADQUARTERS:** Channell Commercial Corporation, Rockwall, TX, United States • Tel 800.423.1863 • Fax 951.296.2322

**CANADA:** Channell Canada, Inc., Mississauga, ON, Canada • Tel 905.565.1700 • Fax 905.565.8282

**EUROPE, MIDDLE EAST, AFRICA:** Channell Ltd., Dartford, United Kingdom • Tel 44.1322.312590 • Fax 44.1322.508490

**AUSTRALIA, ASIA, PACIFIC RIM:** Channell Pty. Ltd., Seven Hills, NSW, Australia • Tel 61.2.8884.4111 • Fax 61.2.8814.8841

**DEVELOPING LOCATION:** Mexico City, D.F., Mexico

[www.channell.com](http://www.channell.com)

All specifications subject to change without notice. © 2021 Channell Commercial Corporation. All rights reserved.

Description

PLC Splitter -1x16 SC/APC

Fiber Type

Input:900um Fiber/Output:900um Fiber

Operating Wavelength(nm)

1260-1360&amp;1460-1650

Function	Item		Insertion Loss(dB)		PDL(dB)		Return Loss(dB)	
		Wavelength(nm)	1310	1550	1310	1550	1310	1550
	Specification(dB)	≤13.8	≤13.8	≤0.3	≤0.3	≥55	≥55	
	Port-01	13.30	13.25	0.07	0.06	PASS	PASS	
	Port-02	13.34	13.27	0.03	0.02	PASS	PASS	
	Port-03	13.27	13.25	0.03	0.01	PASS	PASS	
	Port-04	13.45	13.24	0.08	0.06	PASS	PASS	
	Port-05	13.45	13.33	0.02	0.03	PASS	PASS	
	Port-06	13.09	13.28	0.06	0.03	PASS	PASS	
	Port-07	13.36	12.87	0.02	0.05	PASS	PASS	
	Port-08	13.06	13.18	0.02	0.04	PASS	PASS	
	Port-09	13.12	13.38	0.03	0.04	PASS	PASS	
	Port-10	13.19	13.04	0.03	0.09	PASS	PASS	
	Port-11	13.03	13.37	0.04	0.04	PASS	PASS	
	Port-12	13.45	12.88	0.05	0.01	PASS	PASS	
	Port-13	13.20	13.20	0.08	0.08	PASS	PASS	
	Port-14	13.46	13.49	0.02	0.07	PASS	PASS	
	Port-15	12.96	13.44	0.06	0.01	PASS	PASS	
	Port-16	13.19	13.21	0.05	0.02	PASS	PASS	
	Com Port	—	—	—	—	PASS	PASS	
	MAX.	13.46	13.49	0.08	0.09	—	—	
	MIN.	12.96	12.87	0.02	0.01	—	—	
	Uniformity(dB)	≤1.0	0.50	0.62	—	—	Directivity(dB) ≥55	

Approved by:

220214

Date:

14/02/2022

### PLC Splitter test report

product name	1*8 PLC splitter			Fiber color:			Color tube		
Encoding products	1008-PLC-miniΦ0.9-10			Date:			2021/10/20		
Fiber name	G657A2			Fiber length (m)			≥1.0		
Header name	S/N			Package size (mm)			4×7×60		
parameter	IL (dB)			PDL (dB)			RL (dB)		
Wavelength (nm)	1310	1490	1550	1310	1490	1550	1310	1490	1550
index	Max ≤10.2			Max ≤0.3			≥55		
Port 1	10.04	10.08	10.06	0.10	0.08	0.03	PASS	PASS	PASS
Port 2	9.72	10.01	9.90	0.05	0.06	0.03	PASS	PASS	PASS
Port 3	9.72	9.75	9.82	0.07	0.04	0.07	PASS	PASS	PASS
Port 4	9.91	9.84	9.88	0.03	0.09	0.04	PASS	PASS	PASS
Port 5	9.77	9.99	9.78	0.05	0.01	0.08	PASS	PASS	PASS
Port 6	9.84	9.97	9.97	0.02	0.06	0.05	PASS	PASS	PASS
Port 7	9.73	10.04	9.72	0.09	0.03	0.08	PASS	PASS	PASS
Port 8	10.04	9.99	10.03	0.08	0.02	0.02	PASS	PASS	PASS
optical input	9.78	9.58	10.15	0.09	0.11	0.07	PASS	PASS	PASS
maximum	10.04	10.08	10.06	0.10	0.09	0.08	N/A		
minimum	9.72	9.75	9.72	0.02	0.01	0.02	N/A		
average value	9.85	9.92	9.92	0.06	0.07	0.04	N/A		
Uniformity (less than 0.8 dB)	0.32	0.33	0.34	0.08	0.08	0.06	≥55		

# ANEXO 3



## OLT Huawei MA5680T



ARPATEL  
SOLUCIONES



Foto 1: OLT Huawei MA5680T

### 1. Datos Generales

El SmartAX MA5680T integra las funciones de agregación y conmutación, proporciona acceso GPON y Ethernet P2P de alta densidad, abundantes puertos GE / 10GE, reloj de alta precisión y gran capacidad de plataforma, proporciona la voz básica, alta -velocidad de Internet, video fluido, TDM constante y los servicios de línea privada de Ethernet, que pueden mejorar la confiabilidad de la red, reducir la inversión en la construcción de la red y reducir los costos de operación y mantenimiento.

### 2. Parámetros

N ° de Modelo.	MA5680T
Dimensión:	490 * 275.8 * 447.2 mm
Entorno operativo	Temperatura: -25 °C ~ + 55 °C
	Humedad: 5% ~ 95% (sin condensación)
Parámetros de la fuente de alimentación	-48 V DC de entrada Admite protección de doble potencia
	Rango de voltaje de funcionamiento -38.4V ~ -72V
Capacidad de intercambio de placa base	3.2Tbit / s



Capacidad de intercambio de la placa de control	1920 Gbit / s
Capacidad de acceso	128 * 10G EPON
	GPON 64 * 10G
	128 * EPON
	256 * GPON
Tipo de acceso	768 * GE
	Interfaz en sentido ascendente: 10GE óptico, GE óptico / electricidad
	Interfaz empresarial: puerto óptico EPON, puerto óptico GPON, puerto óptico 10G EPON, puerto óptico FE P2P, puerto óptico GE P2P, interfaz óptica Ethernet
Rendimiento de sistema	Transmisión de velocidad de cable de Capa 2 / Capa 3
	Soporte enrutador estático /RIP/OSPE.MPLS
	Reloj BITS / E1 / STM-1 / Ethernet / 1588v2 / 1PPS + ToD
	Máxima relación de división de soporte 1: 256
	Soporte máximo distancia lógica 60KM

### 3. Especificaciones

- Huawei MA5680T GPON OLT system
- Chassis supports 14 Service Slots (19inch), and Chassis supports 16 Service Slots (21inch)
- Two power slot redundancy for DC power input
- Two slot redundancy for main control board
- Two slot for uplink board
- Support GPON, EPON and P2P
- Support GPON EPON simultaneously
- Support 8-GPON port interface card GPBD/GPBH, 16-GPON port interface card GPFD
- Support GPON split ration 1:128
- Support GE uplink board (GICF) or 10GE uplink board (X2CS)
- MA5680T Software Version available at V800R011, V800R013 or V800R015

# ANEXO 4

## ENCUESTA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET

- De manera general ¿Como siente la experiencia con su proveedor de servicios de internet?

Excelente

Muy bien

Bueno

Justa

Pobre

- Como califica la conexión con su ISP (estabilidad, fiabilidad, velocidad)

Excelente

Muy bien

Bueno

Justa

Pobre

- Como califica la atención de soporte con su ISP (amabilidad, profesionalismo, solución del problema)

Excelente

Muy bien

Bueno

Justa

Pobre

- El medio de transmisión para la conectividad con su ISP es:

Radio enlace

Cable de Fibra Óptica

No conoce

- El ancho de banda contratado a su proveedor de servicios de internet es el mismo que recibe

Si

No

- ¿Su proveedor de servicios de internet ofrece algún servicio adicional y cual es este?

Si

No

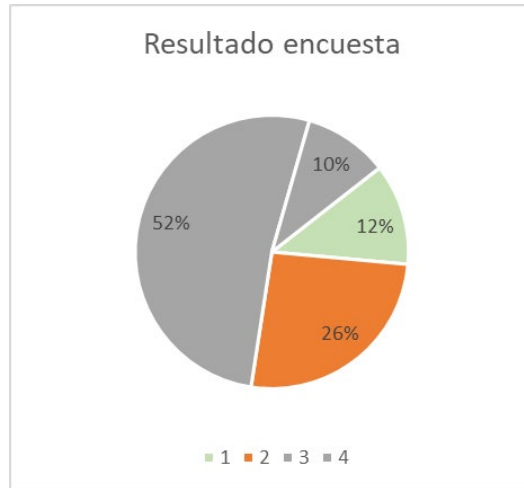
Describe el servicio \_\_\_\_\_

- Estaría dispuesto a contratar un servicio triple play en un futuro (Internet, telefonía y Televisión por cable), en una sola conexión utilizando como medio la tecnología de la fibra óptica

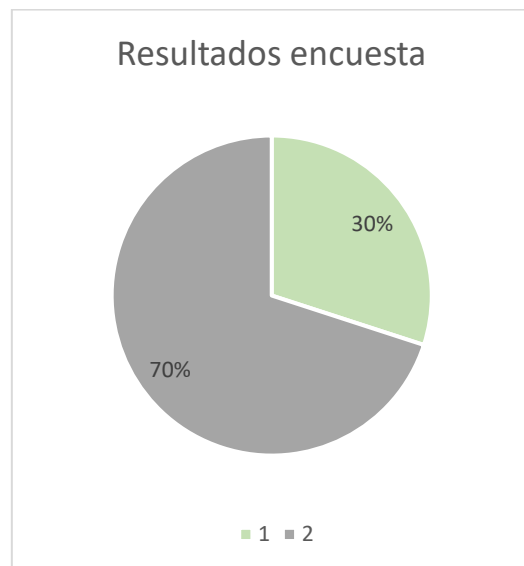
Si

No

	EXCELENTE	MUY BIEN	BUENO	JUSTA	POBRE
PREGUNTA 1		10	13	24	3
PREGUNTA 2		7	12	21	10
PREGUNTA 3		1	14	33	2
	0%	12%	26%	52%	10%



	SI	NO
PREGUNTA 5	16	34
PREGUNTA 6	14	36
PREGUNTA 7	45	5
	30%	70%



# ANEXO 5

## OPB10G-xx40DxR

10GBASE-BX SFP+ BIDI Transceiver, Tx:1270nm/Rx:1330nm or Tx:1330nm/Rx:1270nm, 40km Reach

### Features

- Supports 9.95 to 11.3Gb/s bit rates
- Simplex LC Connector
- Hot pluggable SFP+ footprint
- Uncooled 1270nm DFB transmitter, 1330nm PIN photo-detector
- Uncooled 1330nm DFB transmitter, 1270nm PIN photo-detector
- Applicable for 40km SMF connection
- Low power consumption, < 1.2W
- Digital Diagnostic Monitor Interface
- Optical interface compliant to IEEE 802.3ae 10GBASE-ER
- Electrical interface compliant to SFF-8431
- ROHS compliant and lead-free
- Operating Temperature: Standard 0~70°C, Extended -10~85°C, Industrial -40~85°C

### Applications

- 10GBASE-ER/10GBASE-EW Ethernet
- 10G Fibre Channel
- 10G Network interface cards and Fiber Media Converters
- Other Optical Links

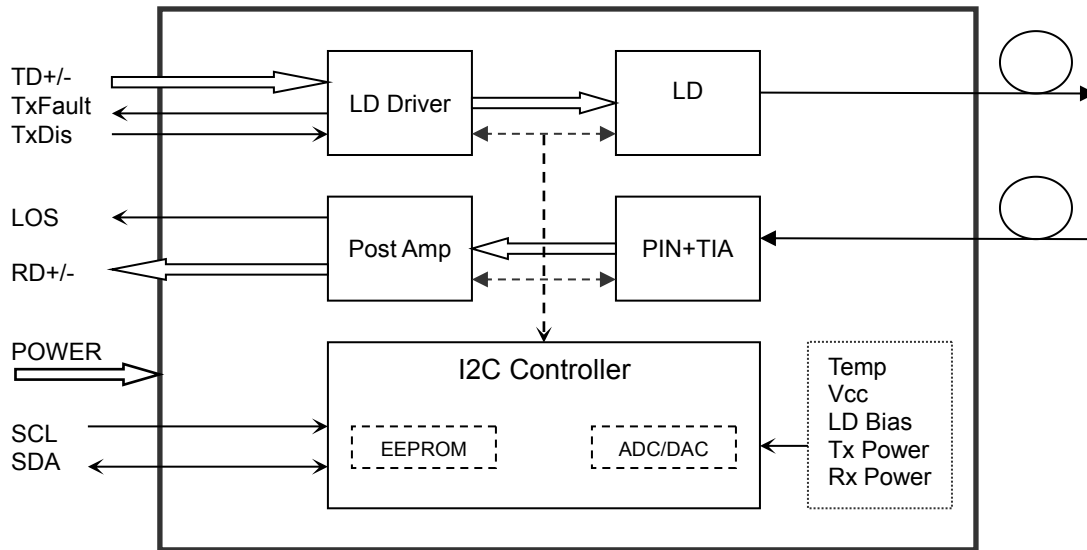
### Description

Optcore's OPB10G-xx40DxR series single mode transceiver is small form factor pluggable Bidirectional module for optical data communications such as 10GBASE-ER/EW defined by IEEE 802.3ae. It is with the SFP+ 20-pin connector to allow hot plug capability. The BiDi SFP+ transceiver is designed for single mode fiber and operates at a nominal wavelength of 1270nm or 1330nm; The transmitter section uses a multiple quantum well DFB, which is class 1 laser compliant according to International Safety Standard IEC-60825. The receiver section uses an integrated InGaAs detector preamplifier (IDP) mounted in an optical header and a limiting post-amplifier IC. The transceiver designs are optimized for high performance and cost-effective to supply customers the best solutions for telecommunication.

Additionally, the 10GBASE-BX SFP+ 40km transceiver has been integrated with an enhanced digital diagnostic monitoring interface (DDMI) per SFF-8472, which provides real-time monitoring of the transceiver temperature, laser bias current, optical power, received optical power and transceiver supply voltage. All transceivers are Class 1 laser products comply with FDA/CDRH and IEC-60825 standards.

There are three versions of the series 10GBASE-BX SFP+ 40km transceiver for different applications. The Standard grade (0~70°C) is for commonly commercial application, the Extended grade (-10~85°C) is for Extended temperature application, and the Industrial grade (-40~85°C) is made with robust and reliable components to meet the needs of Industrial Ethernet application under harsh environmental conditions.

### Transceiver functional diagram



**Absolute Maximum Ratings**

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit	Notes
Maximum Supply Voltage	Vcc	-0.5	4.5	V	
Storage Temperature	T <sub>s</sub>	-40	85	°C	
Operating Humidity	RH	5	85	%	

**Recommended Operating Conditions**

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Notes
Power Supply Voltage	Vcc	3.13	3.3	3.47	V	
Power Supply Current	Icc			330	mA	
Case Operating Temperature	T <sub>c</sub>	0		70	°C	Standard
		-10		85	°C	Extended
		-40		85	°C	Industrial
Data Rate		9.95	10.3125	11.3	Gbps	
Maximum Link Length	L <sub>MAX</sub>			40	km	

**Optical Characteristics**

Parameter	Symbol	Min.	Typ	Max.	Unit	Note
<b>Transmitter</b>						
Operating Wavelength	λ	1260	1270	1280	nm	OPB10G-2340DxR
		1320	1330	1340		OPB10G-3240DxR
Ave. output power (Enabled)	P <sub>AVE</sub>	0		5.0	dBm	1
Side-Mode Suppression Ratio	SMSR	30			dB	
Extinction Ratio	ER	3.5	4.5		dB	
RMS spectral width	Δλ			1	nm	
Rise/Fall time (20%~80%)	Tr/Tf			50	ps	

Dispersion penalty	T <sub>DP</sub>			3.2	dB	
Relative Intensity Noise	R <sub>IN</sub>			-128	dB/Hz	
Output Optical Eye	Compliant with IEEE 802.3ae					
<b>Receiver</b>						
Operating Wavelength	λ	1320	1330	1340	nm	OPB10G-2340DxR
		1260	1270	1280		OPB10G-3240DxR
Receiver Sensitivity	P <sub>SEN2</sub>			-15.0	dBm	2
Average Receive Power	P <sub>AVE</sub>			0.5	dBm	
Receiver Reflectance	R <sub>Rx</sub>			-12	dB	
LOS Assert	Pa	-30			dBm	
LOS De-assert	Pd			-17	dBm	
LOS Hysteresis	Pd-Pa	0.5			dB	

**Note:**

1. Average power figures are informative only, per IEEE 802.3ae.
2. Measured with worst ER=6 dB; BER<10<sup>-12</sup>, 2<sup>31</sup>-1 PRBS.

**Electrical Characteristics**

Parameter	Symbol	Min.	Typ	Max.	Unit	Note
<b>Transmitter</b>						
Differential data input swing	V <sub>IN,PP</sub>	180		700	mVpp	1
Transmit Disable Voltage	VD	VCC-0.8		Vcc	V	
Transmit Enable Voltage	V <sub>EN</sub>	Vee		Vee+0.8		
Input differential impedance	Rin		100		Ω	
<b>Receiver</b>						
Differential data output swing	V <sub>out,pp</sub>	350		700	mVpp	2
Output rise time and fall time	Tr, Tf	28			Ps	3
LOS asserted	V <sub>LOS_F</sub>	VCC-0.8		Vcc	V	4
LOS de-asserted	V <sub>LOS_N</sub>	Vee		Vee+0.8	V	4

**Notes:**

1. Connected directly to TX data input pins. AC coupling from pins into laser driver IC.
2. Into 100Ω differential termination.
3. 20 – 80%. Measured with Module Compliance Test Board and OMA test pattern. Use of four 1’s and four 0’s sequence in the PRBS 9 is an acceptable alternative.
4. LOS is an open collector output. Should be pulled up with 4.7kΩ – 10kΩ on the host board. Normal operation is logic 0; loss of signal is logic 1.

**Diagnostics**

Parameter	Range	Unit	Accuracy	Calibration
-----------	-------	------	----------	-------------

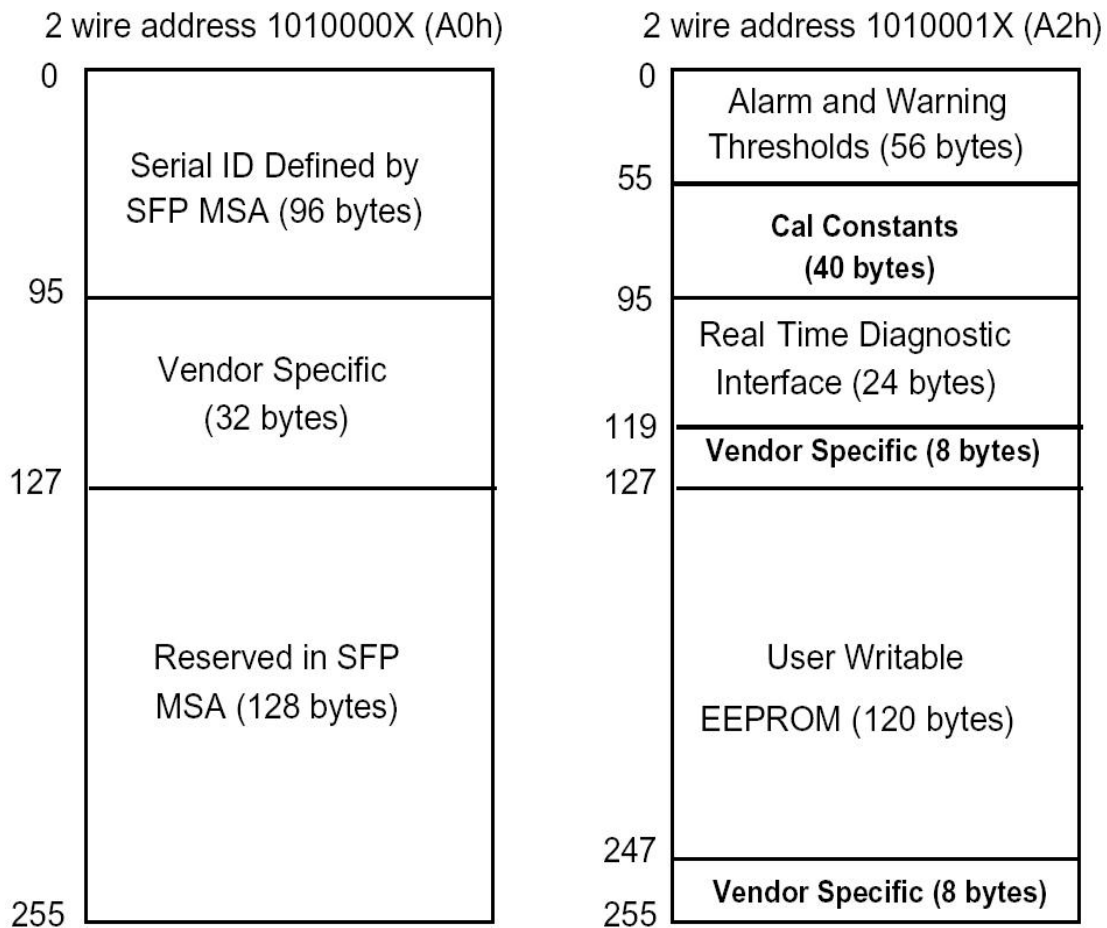
Temperature	0 to +70	°C	±3°C	Internal
	-10 to +85			
	-40 to +85			
Voltage	3.0 to 3.6	V	±3%	Internal
Bias Current	0 to 15	mA	±10%	Internal
TX Power	-6.0 to -0.5	dBm	±3dB	Internal
RX Power	-16 to -1	dBm	±3dB	Internal

**Digital Diagnostic Memory Map**

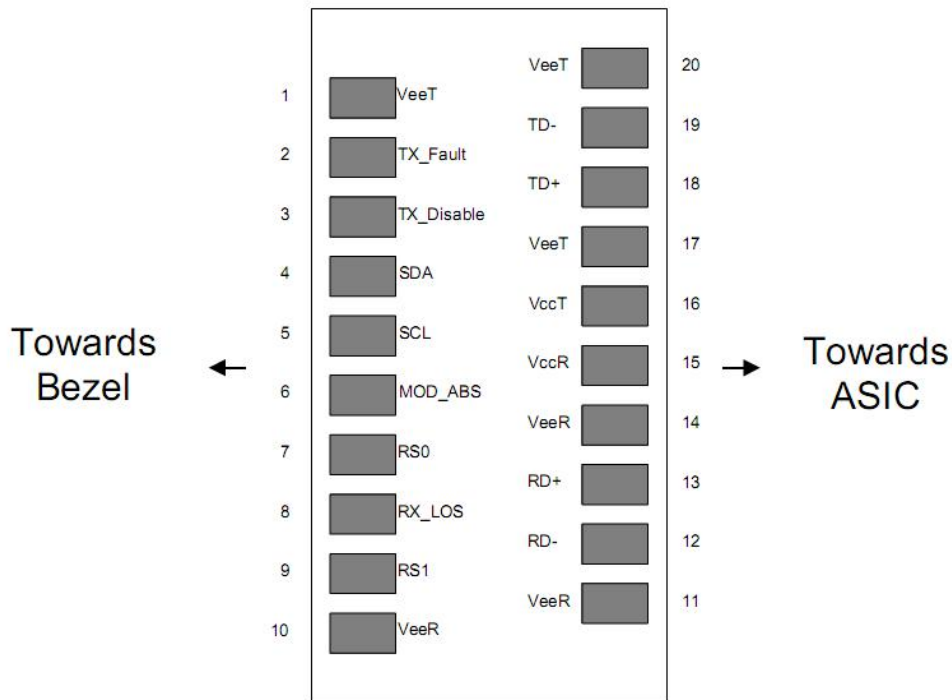
The 10GBASE-BX SFP+ 40km transceivers provide serial ID memory contents and diagnostic information about the present operating conditions by the 2-wire serial interface (SCL, SDA).

The diagnostic information with internal calibration or external calibration all are implemented, including received power monitoring, transmitted power monitoring, bias current monitoring, supply voltage monitoring and temperature monitoring.

The digital diagnostic memory map specific data field defines as following.



**Pin Definitions**



**Pin Descriptions**

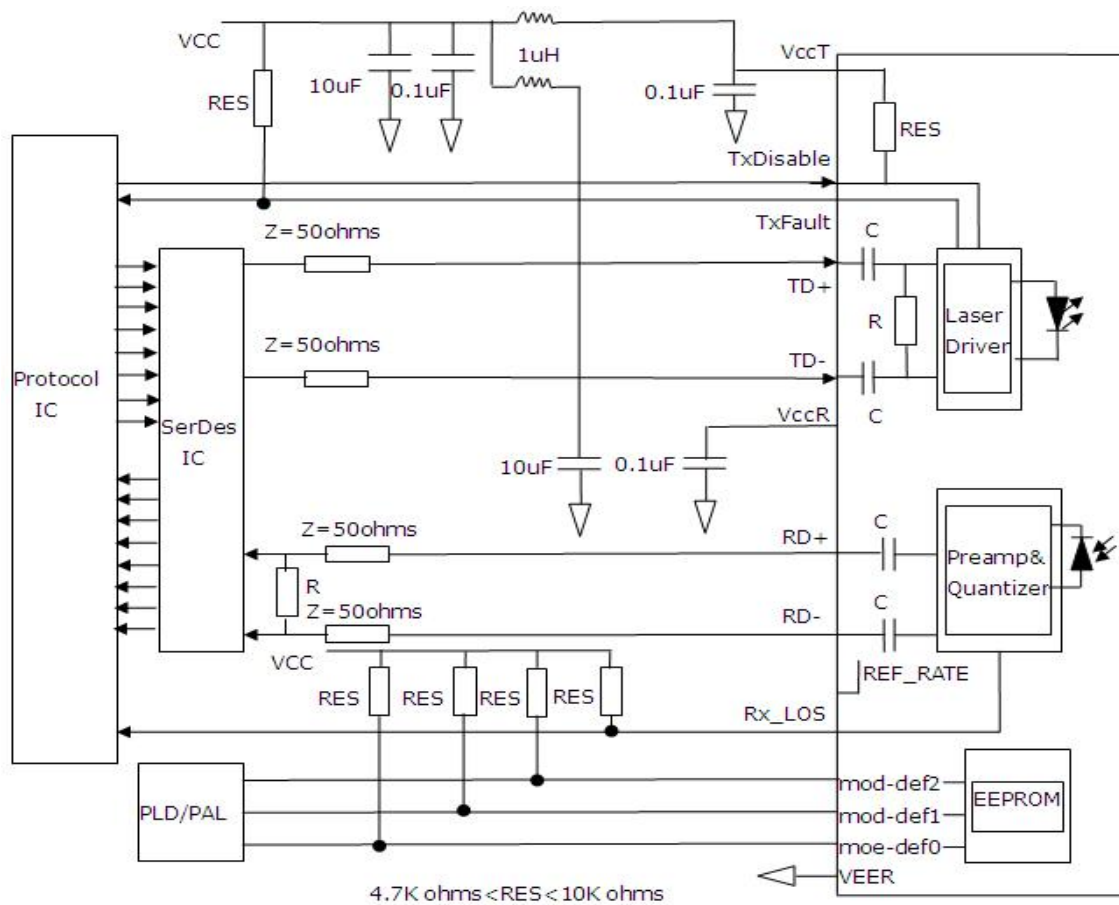
Pin	Signal Name	Description	Plug Seq.	Notes
1	V <sub>EET</sub>	Transmitter Ground	1	
2	TX FAULT	Transmitter Fault Indication	3	Note 1
3	TX DISABLE	Transmitter Disable	3	Note 2
4	SDA	SDA Serial Data Signal	3	
5	SCL	SCL Serial Clock Signal	3	
6	MOD_ABS	Module Absent. Grounded within the module	3	
7	RS0	Not Connected	3	
8	LOS	Loss of Signal	3	Note 3
9	RS1	Not Connected	3	
10	V <sub>EER</sub>	Receiver ground	1	
11	V <sub>EER</sub>	Receiver ground	1	
12	RD-	Inv. Received Data Out	3	Note 4
13	RD+	Received Data Out	3	Note 4
14	V <sub>EER</sub>	Receiver ground	1	
15	V <sub>CCR</sub>	Receiver Power Supply	2	
16	V <sub>CCT</sub>	Transmitter Power Supply	2	
17	V <sub>EET</sub>	Transmitter Ground	1	
18	TD+	Transmit Data In	3	Note 5
19	TD-	Inv. Transmit Data In	3	Note 5
20	V <sub>EET</sub>	Transmitter Ground	1	

**Notes:**

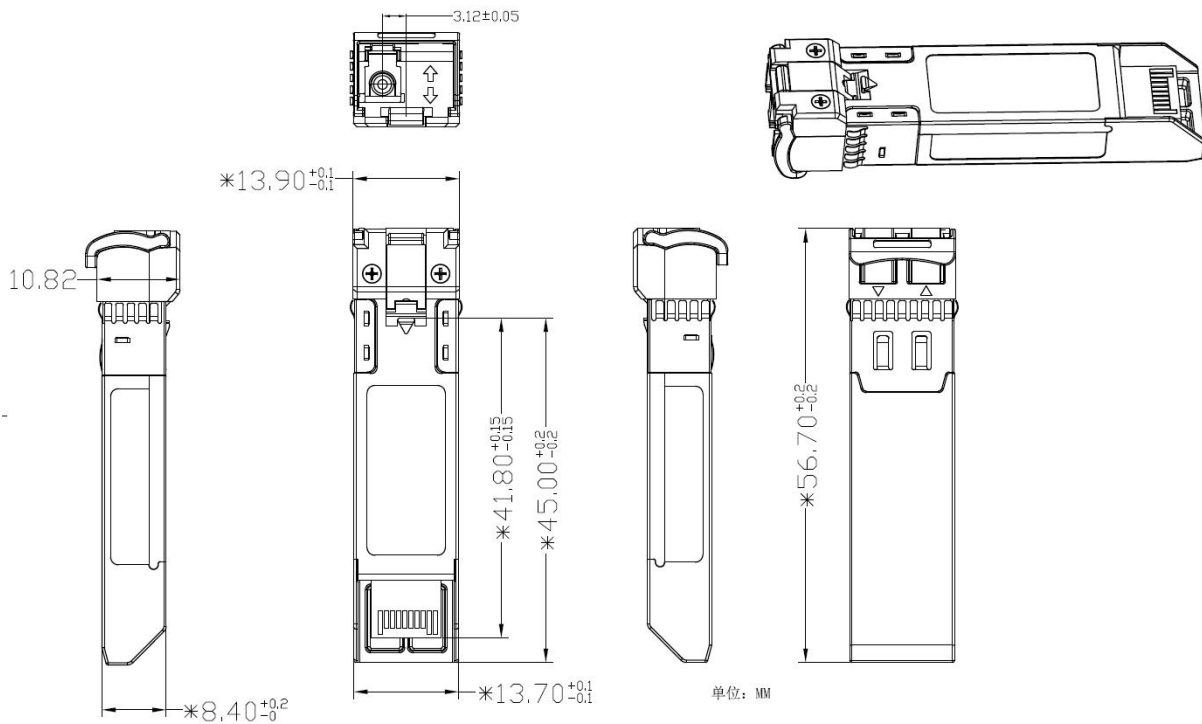
Plug Seq.: Pin engagement sequence during hot plugging.

1. TX Fault is an open collector output, which should be pulled up with a 4.7k~10kΩ resistor on the host board to a voltage between 2.0V and Vcc+0.3V. Logic 0 indicates normal operation; Logic 1 indicates a laser fault of some kind. In the low state, the output will be pulled to less than 0.8V.
2. Laser output disabled on TDIS >2.0V or open, enabled on TDIS <0.8V.
3. LOS is open collector output. Should be pulled up with 4.7k~10kΩ on host board to a voltage between 2.0V and 3.6V. Logic 0 indicates normal operation; logic 1 indicates loss of signal.
4. RD-/+ : These are the differential receiver outputs. They are internally AC-coupled 100 differential lines which should be terminated with 100Ω (differential) at the user SERDES.
5. TD-/+ : These are the differential transmitter inputs. They are internally AC-coupled, differential lines with 100Ω differential termination inside the module.

**Recommended Interface Circuit**



**Mechanical Dimensions**



**Ordering information**

Part number	Description
OPB10G-2340DCR	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1270nm/Rx:1330nm, 40km, LC, DDM, 0°C~+70°C
OPB10G-3240DCR	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1330nm/Rx:1270nm, 40km, LC, DDM, 0°C~+70°C
OPB10G-2340DER	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1270nm/Rx:1330nm, 40km, LC, DDM, -10°C~+85°C
OPB10G-3240DER	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1330nm/Rx:1270nm, 40km, LC, DDM, -10°C~+85°C
OPB10G-2340DTR	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1270nm/Rx:1330nm, 40km, LC, DDM, -40°C~+85°C
OPB10G-3240DTR	10GBASE-BX SFP+ Transceiver, Tx:1330nm/Rx:1270nm, 40km, LC, DDM, -40°C~+85°C

**Warnings**

**Process plug**

The transceiver optics is supplied with a dust cover. This plug protects the transceiver optics during standard manufacturing processes by preventing contamination from air borne particles. It is recommended that the dust cover remain in the transceiver whenever an optical fiber connector is not inserted.

**Handling Precautions**

The transceiver optics is susceptible to damage as a result of electrostatic discharge (ESD). A static free environment is highly recommended. Follow guidelines according to proper ESD procedures.

**Laser Safety**

The transceiver optics is a Class 1 laser product per international standard IEC 60825-1. Radiation emitted by laser devices can be dangerous to human eyes. Avoid eye exposure to direct or indirect radiation.

For more product information, visit us on the web at [www.optcore.net](http://www.optcore.net)



DS/VER180110/EN Copyright © 2018 Optcore Technology Co.,Ltd. All rights reserved. Optcore, Optcore logo are registered trademarks of Optcore Technology Co.,Ltd. All other brands, product names, or trademarks mentioned are the property of their respective owners. Specifications and product availability are subject to change without notice. Optcore assumes no responsibility for inaccuracies contained herein.



# ANEXO 6

## Información general

Nombre de archivo:	Fiber17.trc	Cliente:	
Fecha de la prueba:	23/02/2023	Empresa:	
Hora de la prueba:	16:36:14	ID de fibra:	Fiber17
ID de cable:			
ID de trabajo:			
Comentarios:			

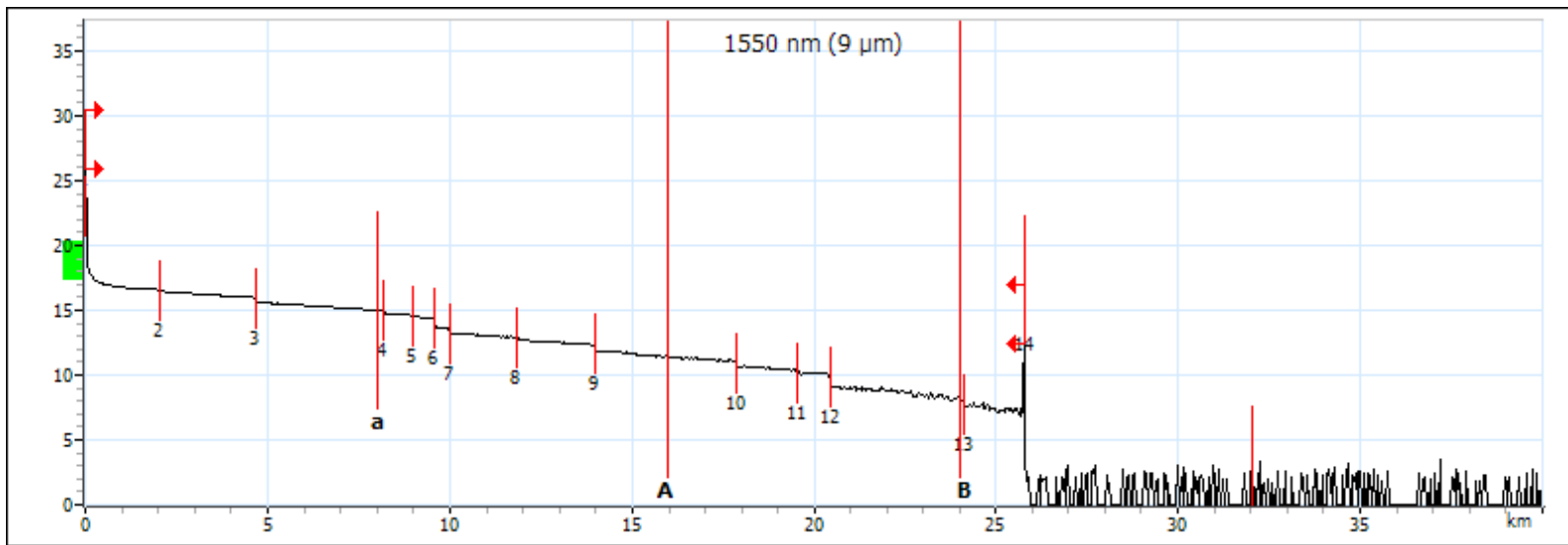
## Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Ubicación		
Operario		
Modelo	MAX-710B-M1-EI	
Número de serie	761877	
Fecha de calibración	08/05/2020 (UTC)	

## Resultados

Longitud de tramo:	25,7692 km	Pérdida promedio:	0,418 dB/km	Nivel de inyección:	17,6 dB
Pérdida de tramo:	10,782 dB	Pérdida prom. por empalme:	0,331 dB		
ORL de tramo:	<17,14 dB	Pérdida máx. por empalme:	0,873 dB		

## Gráfico



## Marcadores

Marcador	Posición (km)	Valor (dB)	Atenuación A-B LSA:	Pérdida promedio A-B:
a	8,0004	15,032	0,465 dB/km	0,334 dB/km
A	16,0002	11,438	Pérdida A-B LSA:	Pérd. evento en 4 puntos:
B	24,0005	8,770	3,719 dB	1,251 dB
b	31,9997	0,000	A-B ORL:	Reflectancia máxima:
			35,54 dB	-69,6 dB

## Tabla de eventos

Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)	Reflectancia (dB)	Atenuación (dB/km)	Acumulativo (dB)
Eventos combinados	1	0,0000	---	> -22,9		0,000
Sección		2,0213	1,311		0,649	1,311
No reflexivo	2	2,0213	0,144			1,455
Sección		2,6728	0,488		0,182	1,942
No reflexivo	3	4,6941	0,343			2,286
Sección		3,5124	0,667		0,190	2,953
No reflexivo	4	8,2065	0,191			3,144
Sección		0,7708	0,172		0,223	3,315
No reflexivo	5	8,9772	0,100			3,416
Sección		0,5953	0,126		0,212	3,542
Reflexivo	6	9,5725	0,666	-61,2		4,208
Sección		0,4313	0,096		0,222	4,304
No reflexivo	7	10,0038	0,380			4,684
Sección		1,8363	0,327		0,178	5,011
No reflexivo	8	11,8401	0,174			5,186
Sección		2,1700	0,409		0,189	5,595
No reflexivo	9	14,0101	0,461			6,056
Sección		3,8825	0,851		0,219	6,906
No reflexivo	10	17,8926	0,337			7,244
Sección		1,6385	0,289		0,177	7,533
No reflexivo	11	19,5311	0,231			7,764
Sección		0,8977	0,055		0,061	7,819
No reflexivo	12	20,4288	0,873			8,692
Sección		3,6636	1,047		0,286	9,739
No reflexivo	13	24,0924	0,405			10,144
Sección		1,6768	0,638		0,381	10,782
Eventos combinados	14	25,7692	---	-20,2		10,782

## Macrocurvatura

Posición (km)	Pérdida delta (dB)

## Umbral de correcto/incorrecto

	1550 nm (9 μm)
Pérdida por empalme (dB)	0,300
Pérdida por conector (dB)	0,750
Pérdida del divisor (dB)	4,500
Reflectancia (dB)	-40,0
Atenuación de la sección de fibra (dB/km)	0,400
Pérdida de tramo (dB)	20,000
Longitud de tramo (km)	0,0000
ORL de tramo (dB)	15,00

## Parámetros de la prueba

	<b>A → B</b>
Longitud de onda (nm)	1550 nm (9 μm)
Alcance (km)	40,0000
Pulso (ns)	50
Duración (s)	30

## Configuración de la prueba

	<b>A → B</b>
IOR	1,468325
Retrodispersión (dB)	-81,87
Factor helicoidal (%)	0,00
Umbral de detección de pérdida por empalme (dB)	0,020
Umbral de detección de reflectancia (dB)	-72,0
Umbral de detección de final de fibra (dB)	5,000

<b>Longitudes de onda de la macrocurvatura</b>	<b>Pérdida delta por macrocurvatura (dB)</b>

# ANEXO 7

## GPJ09-8205

# Fiber Optical Splice Closure Technical Specification

### 1.0 Introduction:



GPJ09-8205 is designed to seal without screws. The compact size and flip-over cover bring easy operation as well as complete function.

The splice trays are jointed with a hinge at one side, which makes the operation in each tray easier. It is designed to prevent from operation damage and warranting a minimum bend radius of 30mm.

The closure is suitable for uncut cable installation with ability to hold 16 soft cables or 16 adapters.

Plug and play function brings fast operation to each subscribers.

### 2.0 Description:

- Mechanical seal: Excellent sealing performance, reusable. Protection grade is IP 68.
- Installation method: wall-mounted, pipe-lined, pole-mounted
- Feature:
  1. It achieves many national utility model patents.
  2. Box and key design is easy for operation, exquisite in appearance.
  3. One uncut cable port (applicable to cable diameter D10~D17.5mm), 16 small cable ports (applicable to cable diameter which is less than D6mm), 2

branching cable ports (applicable to cable diameter D8~D17.5mm by changing sealing units to achieve.

4. It is 24F/cover tray, the maximum is 96F (4 cover trays), splitters can be installed on the cover tray (one 1:16 splitter or two 1:8 splitters).
5. Include a distribution panel for up to 24 SC/UPC or SC/APC couplers.
6. It is made by modified polymer plastic which provide excellent performance in different using circumstance such as, anti-UV, anti- corrosive, antifreeze, resistant to fungi cording with ISO846.

### 3.0 Technical Parameter:

Box Material	Modified polymer plastic	Appearance size (mm)	380×245×130
Seal Material	Vulcanized silicone rubber	Weight(kg)	3~3.5
Working Temperature	-40°C~+65°C	Relative Humidity	90% to 30 °C
Storage Temperature:	-40°C~+65°C	Protection grade	IP 68, IK 06
Standards	ISO9001, ISO14001, CNAS, IAF, UL 94 V0		

## 4.0 Structure

### 4.1 Closure and accessories



(Picture 1)

## 4.2 Parts list

### 4.2.1 Main kits

S/N	Description	Quantity	Note
1	Lid	1	337(L)×242(W)×63(H)mm.
2	Base	1	
3	Sealing ring	1	Box sealing
4	8205 sealing parts	20	Sealing cable ports
5	Splice tray	4	For cable splicing and storage
6	Splice tray cover	1	
7	Splice tray bandage	1	Fixing several splice trays
8	Fastener bolt	2	Fixing lid and cover of closure
9	Buckle	4	Fixing lid and cover of closure
10	Tight nuts	16	Sealing soft cable ports
11	Tight tool	1	Special for tight the nuts
12	Cable fixing panel	1	Fixing un-cut cable and branch cables.
13	Adaptor installation panel	4	An adaptor panel for 6 SC simplex adaptors
14	Splice tray bracket	1	Install 4 splice trays
15	Top cover stopper	1	Limit top cover
16	Plastic nuts	2	Fixing cable

### 4.2.2 Standard parts

S/N	Description	Quantity	Note
17	Wall mounting kit	1	For wall mounting
18	Expansion anchor bolt	2	Parts of the wall mounting kit
19	Hexagon bolt	2	Parts of the wall mounting kit
20	Nylon tie (3*120mm)	12	Fixing cable
21	Fusion sleeve (Φ1.0*60mm)	According to the fiber cores.	Cable splicing
22	0.2m coil tube	1	Protect the fiber
23	Insulation tape	1	Accessorial fixation
24	0.5m EVA tube	1	Protect fiber
25	Drier	1	
26	M6 internal hexagonal wrench	2	Tool to open the box
27	Plastic key	1	Tool to adjust soft cable ports.
28	Plastic key	1	Tool to adjust the round cables ports
29	Grommet for oval port	2	One for cable dia. From 10-12mm and one for cable dia. From 12-14mm
30	Grommet for round port	2	For cable dia. From 10-12mm
31	Plastic plug	4	Seal the cable port.

### 4.2.3 Optional parts

S/N	Description	Quantity	Note
32	Pole mounting kit	1	For pole mounting
33	Valve	1	Testing sealing performance
34	Grommet	1 or more	According client requirement (D8~D17.5mm)
35	SC adaptters	1~24	UPC or APC
36	SC pigtails	1~24	UPC or APC; G652D or G657A1/A2

**PURCHASE TIP**

Type	Code	Name	Packaging size	Remark
GPJO9-8205		24F fiber splice closure	540×410×375 (4 pcs)	
		48F fiber splice closure		
		72F fiber splice closure		
		96F fiber splice closure		

# ANEXO 8



# ANEXO 9

# High Power EYDFA System

## 50EYA Series 1U High Power EYDFA

The 50EYA series EYDFA is an optical amplifier offering multi-port signal amplifier ranging from 1535 nm to 1565 nm. The amplifier is designed for applications of CATV and applications of 1-8 continuous band channel (ITU wavelength). It can operate at single wavelength in CATV and triple wavelength in WDM systems. This equipment of great importance in CATV backbone network can realize flat transmission in DWDM system. It supplies a flexible and low-cost solution for large-area FTTH coverage of the CATV system in large and medium cities.

### Characteristics

- Low NF pre-amplification, no cascade required, reduced CNR and MER
- Output power adjustable from 23 dBm to 37 dBm
- Perfect net management interface, compatible with SNMP protocol
- Double power supply, automatic temperature control
- LCD, on-site parameter monitoring
- High stability and reliability

### Applications

- CATV
- FTTH



## Specifications

Product Type	EYA-S-C-1U-XX/XX*①		
Parameters	Minimum	Typical	Maximum
Wavelength (nm)	1535	1550	1565
Input Power (dBm)	-5	3	10
Output Power (dBm)	26	-	37
Number of output port	SC:16/32; LC:32/64		
Output Power of Single Port (dB)	10	-	23
Output Power Stability (dBm)	±0.1		
Gain (dB)	-	40	-
Gain Flatness (dB)	-		
Noise Figure (dB)	≤ 6.0 (P <sub>in</sub> =0dBm)		
Return Loss (dB)	≤ -45		
Polarization Dependent Loss (dB)	< 0.3		
Polarization Dependent Gain (dB)	< 0.4		
Pump Power Leakage (dBm)	< -30		
Operating Temperature (°C)	-5	-	55
Storage Temperature (°C)	-40	-	85
Power Supply (V)	AC220(160 - 265) /AC110 (90 - 130) /DC48 (38 - 58)		
Power Consumption (W)	-	-	50
Communication Protocol	RS232/485		
Optical Connector	LC/APC or Customized		
Dimensions (mm)	482(L)×357(W)×44(H)		

\*① EYA-S-C-1U-XX/XX, the first XX means gain and the second XX means output power

## 50EYA Series 2U High Power EYDFA

The 50EYA series EYDFA has high output power. Operating wavelength ranging from 1535 nm to 1565 nm on this amplifier is designed for CATV and applications of 1-8 continuous band channel. This equipment is very important in CATV backbone net building. It can operate at a single wavelength in CATV and three wavelengths in WDM systems and realize flat transmission in DWDM. It supplies a flexible and low-cost solution for large-area FTTH coverage of the CATV system in big and medium cities.

### Characteristics

- Output power from 33 dBm to 40 dBm
- APC/ACC/AGC control
- Low NF pre-amplification, no cascade required, reduced CNR and MER
- Output power adjustable from 0.5 dBm to 4 dBm
- Completed net management interface, compatible with SNMP protocol
- Double power supplies, automatic temperature control
- LCD , on-site parameter monitoring
- High stability and reliability

### Applications

- CATV
- FTTH
- Doppler lidar system

### Specifications

Product Type	EYA-S-C-2U-XX/XX* <sup>①</sup>		
Parameters	Minimum	Typical	Maximum
Wavelength (nm)	1535	1550	1565
Input Power (dBm)	-5	3	10
Output Power (dBm)	33	-	40
Number of output port	SC:16/32/64; LC:32/64		
Output Power of Single Port (dB)	10	-	23
Output Power Stability (dBm)	± 0.1		
Gain (dB)	-	40	-
Gain Flatness (dB)	-		
Noise Figure (dB)	≤ 6.0 (P <sub>in</sub> =0dBm)		
Return Loss (dB)	≤ -45		
Polarization Dependent Loss (dB)	< 0.3		
Polarization Dependent Gain (dB)	< 0.4		
Pump Power Leakage (dBm)	< -30		
Operating Temperature (°C)	-5	-	55
Storage Temperature (°C)	-40	-	85
Power Supply(V)	AC220(160 - 265) /AC110 (90 - 130) /DC48 (38 - 72)		
Power Consumption (W)	-	-	100
Communication Protocol	RS232/485		
Optical Connector	LC/APC or Customized		
Dimensions (mm)	482(L)×450(W)×89(H)		

\*<sup>①</sup> EYA-S-C-2U-XX/XX, the first XX means gain and the second XX means output power

## 50EYA Series 3U High Power EYDFA

The 50EYA series EYDFA has high output power. Operating wavelength ranging from 1535 nm to 1565 nm on this amplifier is designed for CATV and applications of 1-8 continuous band channel. This equipment is very important in CATV backbone net building. It can operate at a single wavelength in CATV and three wavelengths in WDM systems and realize flat transmission in DWDM. It supplies a flexible and low-cost solution for large-area FTTH coverage of the CATV system in big and medium cities.

### Characteristics

- Max output power 43 dBm
- Low NF pre-amplification, no cascade required, reduced CNR and MER
- Parameters can be set to fulfill the different net design
- The internal optical switch can be added to expand device capability
- Output port channels from 32 to 128, WDM available
- Low noise figure: 5 dB@3 dBm input
- Completed net management interface, compatible SNMP protocol
- Double power supplies, automatic temperature control
- Output power adjustable from 0.5 dBm to 4 dBm
- True color LCD

### Applications

- CATV
- FTTH
- Doppler lidar system

### Specifications

Product Type	EYA-S-C-3U-XX/XX* <sup>①</sup>		
Parameters	Minimum	Typical	Maximum
Wavelength (nm)	1535	1550	1565
Input Power (dBm)	-5	3	10
Output Power (dBm)	-	-	43
Number of output port	SC: 16/32/64; LC: 32/64/128		
Output Power of Single Port (dB)	10	-	23
Output Power Stability (dBm)	± 0.1		
Gain (dB)	-	43	-
Gain Flatness (dB)	-		
Noise Figure (dB)	≤ 6.0 (P <sub>in</sub> =0dBm)		
Return Loss (dB)	≤ -45		
Polarization Dependent Loss (dB)	< 0.3		
Polarization Dependent Gain (dB)	< 0.4		
Pump Power Leakage (dBm)	< -30		
Operating Temperature (°C)	-		
Storage Temperature (°C)	-5	-	55
Power Supply (V)	-40	AC160 - 250/ AC100 - 130/ DC38 - 58	85
Power Consumption (W)	-		
Communication Protocol	-	RS232/485	150
Optical Connector	LC/APC or Customized		
Dimensions (mm)	482(L)×482(W)×132.5(H)		

\*<sup>①</sup> EYA-S-C-3U-XX/XX, the first XX means output power and the second XX means gain

# ANEXO 10

# Fiber Optic Distribution Box (16R)

## Description

The equipment is used as a termination point for the feeder cable to connect with drop cable in FTTx communication network system. The fiber splicing, splitting, distribution can be done in this box, and meanwhile it provides solid protection and management for the FTTx network building.

## Feature

- Total enclosed structure.
- Material: ABS+PC, wet-proof、water-proof、dust-proof、anti-aging, protection level up to IP65。
- Clamping for feeder cable and drop cable, fiber splicing, fixation, storage, distribution...etc all in one.
- Cable, pigtails, patch cords are running through own path without disturbing each other, cassette type SC adaptor installation, easy maintenance.
- Distribution panel can be flipped up, feeder cable can be placed in a cup-joint way, easy for maintenance and installation.
- Cabinet can be installed by the way of wall-mounted or poled-mounted, suitable for both indoor and outdoor uses.

## Specification:

### 1、 Environmental requirement

Working temperature:  $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$

Relative humidity:  $\leq 85\%$  ( $+30^{\circ}\text{C}$ )

Atmospheric pressure:  $70\text{KPa}\sim 106\text{Kpa}$

## 2、 Main technical datasheet

Insertion loss:  $\leq 0.2\text{dB}$

UPC return loss:  $\geq 50\text{dB}$

APC return loss:  $\geq 50\text{dB}$

Life of insertion and extraction:  $> 500$  times

## 3、 Thunder-proof technical datasheet

The grounding device is isolated with the cabinet, isolation resistance is less than  $2\times 10^4\text{M}\Omega/500\text{V}$  (DC) ;  $IR\geq 2\times 10^4\text{M}\Omega/500\text{V}$

The withstand voltage between grounding device and cabinet is no less than  $3000\text{V}$  (DC) /min, no puncture, no flashover;  $U\geq 3000\text{V}$

## Overall Dimension



Box Size ( Fig.1 )	Max Capacity		Installation Size(Fig.2 )
AxBxC (mm)	Splitter-A	Splice-B	AxB (mm)
320*260*100	16	16	330*270

## Product internal display



Product color and cable inlet can be selected at will

## Installation

### 6.1 Wall-mounted installation

- Drill 4 holes over the wall based on the size in Fig.2, place the expansion bolt , place the box to match up the holes and use bolt to fasten.

### 6.2 Pole-mounted installatio

- Fix 1 set of the easy pole ring to the telecom pole.



**WALL MOUNTED INSTALLATION**



**POLE MOUNTED INSTALLATION**



**APPLICABLE TO FTTH, FTTB, FTTX...**

## Accessories

No.	Description	Quantity	Remarks
1	Key	1	
2	Fiber optic heat shrinkable tube	2	
3	Tie band	5	
4	Expansion screws	4	

Configuration can be customized as required.

# ANEXO 11

# Diferencias entre SFP B+ y C+

Ampliando nuevamente el tema de Redes veremos hoy la diferencia entre los SFP B+, C+, C++.

Para el despliegue de fibra óptica se utiliza equipamiento de varias marcas, siendo uno muy importante el de Huawei. Desde hace varios años, los chasis y OLT de Huawei son los más empleados en FTTH.

Los transceivers GPON se utilizan en los puertos PON de las OLT. Los fabricantes de equipamiento tienen sus propios transceptores, pero también existen compatibles en el mercado.

Los transceivers GPON tienen la particularidad respecto al resto de que solo se emplea una fibra

para la transmisión y la recepción, ya que se multiplexan en longitud de onda.

**Tipos SFP:**

## TIPOS DE TRANSCEIVERS SFP GPON

Especificaciones	Tipo	Longitud de onda	Velocidad	Mínima Potencia óptica salida	Máxima potencia óptica salida	Sensibilidad máxima receptor	Tipo de conector	Alcance máximo	Potencia óptica de sobrecarga	Ratio de extinción
SFP tipo B+	1 fibra bidireccional	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 2,49 Gb/S Rx: 1,24 Gb/S	1,50 dBm	5 dBm	-28 dBm	SC/PC	20 Km	-8 dBm	8,2 dB
SFP tipo C+	1 fibra bidireccional	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 2,49 Gb/S Rx: 1,24 Gb/S	3 dBm	7 dBm	-32 dBm	SC/PC	20 Km	-12 dBm	8,2 dB
SFP tipo C++	1 fibra bidireccional	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 2,49 Gb/S Rx: 1,24 Gb/S	6 dBm	10 dBm	-35 dBm	SC/PC	20 Km	-15 dBm	8,2 dB



- Clase B+ - C+ - C++

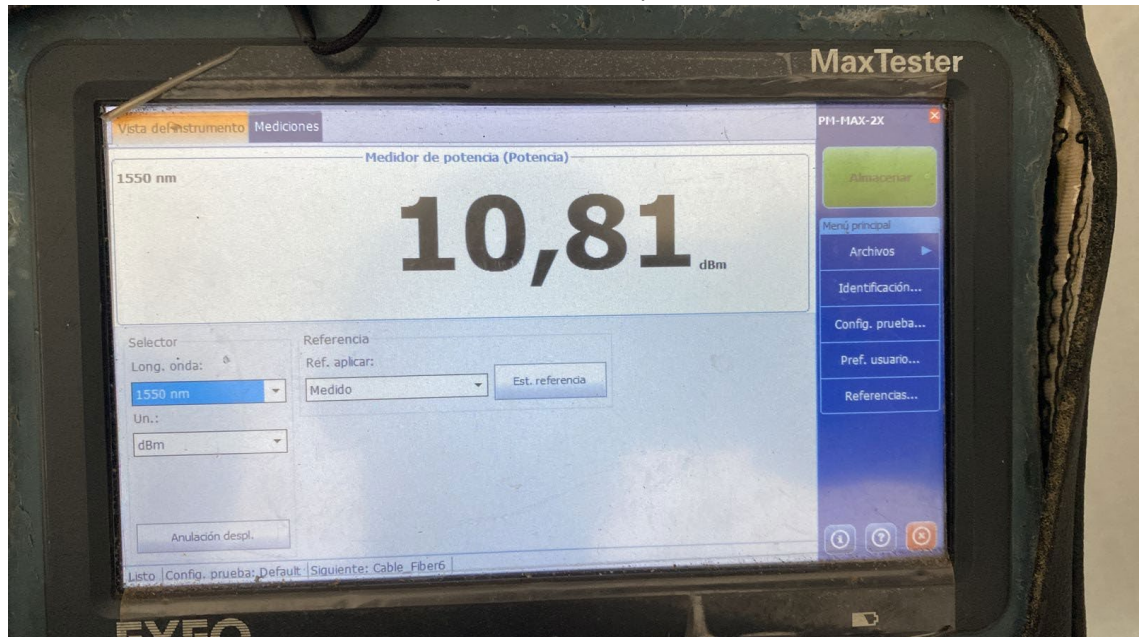
En el cuadro anterior detallamos las características de cada uno de ellos. Las diferencias entre ellos se encuentran en la potencia óptica:

- Mínima potencia óptica de salida - Máxima potencia óptica de salida - Sensibilidad óptica máxima del receptor - Potencia óptica de sobrecarga

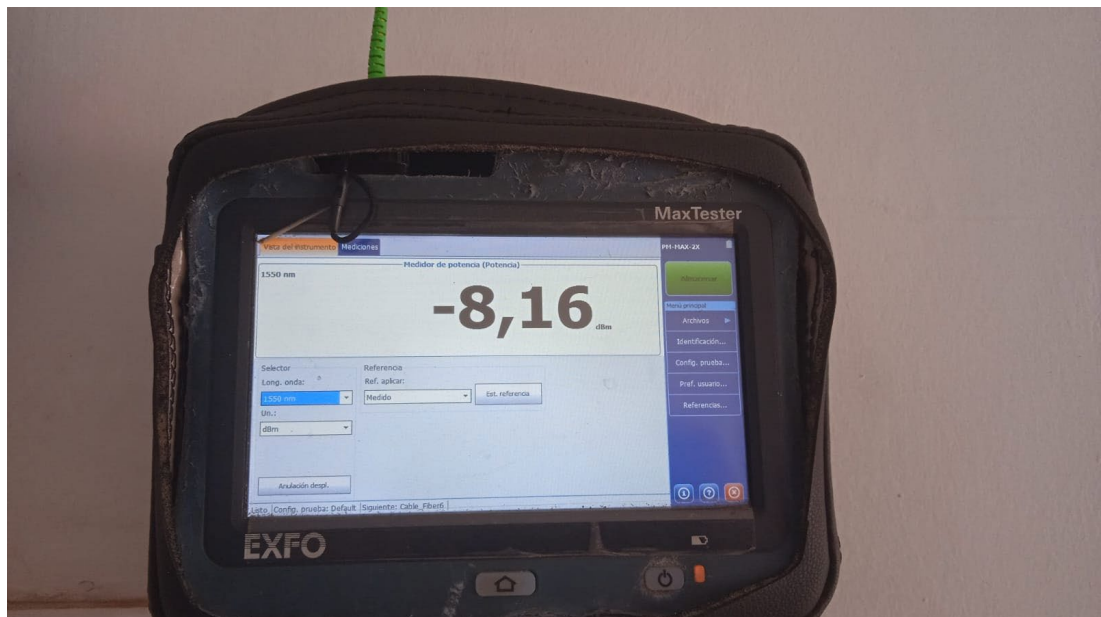
Los transceivers más empleados son los de clase C+ y C++.

# ANEXO 12

- P<sub>RX</sub> Potencia recibida del enlace Guayllabamba - Yaruquí



- Potencia recibida al cliente mas cercano



- Potencia recibida al cliente mas lejano

