



# UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

## CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Neiva, 07 de junio del 2024

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

JUAN SEBASTIAN NIETO CABRERA, con C.C. No. 1075291771,  
EIVAR DUVAN MORALES GUZMAN, con C.C. No. 1075308065,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_  
titulado DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL MUNICIPIO DE GARZON  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRONICO \_\_\_\_\_;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permite la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Sebastian N.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Oliver Moraley

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 5



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL MUNICIPIO DE GARZON

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
NIETO CABRERA	JUAN SEBASTIAN
MORALES GUZMAN	EIVAR DUVAN

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BRAVO OBANDO	MARTIN DIOMEDES

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
QUINTERO POLANIA	JESUS DAVID
MOLINA MOSQUERA	JOHAN JULIAN

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** INGENIERO ELECTRONICO

**FACULTAD:** INGENIERIA

**PROGRAMA O POSGRADO:** ELECTRONICA

**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2024

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 85

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_X\_ Fotografías\_\_ Grabaciones en discos\_X\_ Ilustraciones en general\_X\_ Grabados\_\_  
Láminas\_\_ Litografías\_\_ Mapas\_X\_ Música impresa\_\_ Planos\_\_ Retratos\_\_ Sin ilustraciones\_\_  
Tablas o Cuadros\_X\_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 5
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

WORD

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):**

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>FIBRA HASTA EL HOGAR</u>	<u>- FTTH</u>	6. _____	_____
2. <u>FIBRA OPTICA</u>	<u>- OPTICAL FIBER</u>	7. _____	_____
3. <u>ACCESO BANDA ANCHA</u>	<u> BROADBAND ACCESS</u>	8. _____	_____
4. PLANIFICACION ESTRATEGICA	<u> -STRATEGIC PLANNING</u>	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 5



Para el departamento del huila sigue teniendo una alta relevancia las inversiones privadas en el segmento de las telecomunicaciones, como es el caso por aplicar el servicio de internet banda ancha mediante el uso del modelo tecnológico de despliegue FTTH. El desarrollo del diseño del objetivo planteado dejará documentado todo el proceso de planificación estratégica y de ejecución del mismo, así como sus requisitos aplicables dentro de la normatividad colombiana vigente. Este documento pretende compilar en base con los antecedentes establecidos, un análisis de los costos de implementación del despliegue de fibra óptica según sea la topología aplicable.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 5

For the department of Huila, private investments in the telecommunications segment continue to be highly relevant, as is the case in applying the broadband internet service through the use of the FTTH technological deployment model. The development of the design of the proposed objective will document the entire process of strategic planning and its execution, as well as its applicable requirements within the current Colombian regulations. This document intends to compile, based on the established background, an analysis of the implementation costs of the fiber optic deployment according to the applicable topology.

**APROBACION DE LA TESIS**

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	5 de 5
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Nombre presidente Jurado: Martin Diomedes Bravo Obando

Firma:

Nombre Jurado: Johan Julian Molina Mosquera

Firma:

Nombre Jurado: Jesus David Quintero Polania

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL MUNICIPIO DE GARZÓN

JUAN SEBASTIAN NIETO CABRERA  
EIVAR DUVAN MORALES GUZMAN



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA  
NEIVA  
2024/04/16

DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL MUNICIPIO DE GARZÓN

JUAN SEBASTIAN NIETO CABRERA  
EIVAR DUVAN MORALES GUZMAN

Trabajo presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electrónico

Director.  
MARTIN DIOMEDES BRAVO OBANDO  
Magister en Telecomunicaciones.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE SALUD  
ESPECIALIZACIÓN EN EPIDEMIOLOGÍA  
NEIVA  
2024/04/16

Nota de aceptación

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del director.

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado.

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado.

Neiva, abril de 2024.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos brindaron su apoyo y colaboración en la realización de este proyecto de grado.

En primer lugar, agradecemos a nuestro tutor académico Martin Diomedes Bravo Obando, por su valiosa orientación y guía a lo largo del proceso de investigación y redacción del trabajo. Sus comentarios y sugerencias nos ayudaron a mejorar y enriquecer nuestro trabajo.

También queremos agradecer a las empresas y organizaciones que nos brindaron su colaboración y apoyo en la investigación de este proyecto. Sus aportes fueron fundamentales para el desarrollo del diseño de la red FTTH para el municipio de Garzón.

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su comprensión, apoyo y paciencia durante este proceso. Sus ánimos y palabras de aliento fueron esenciales para mantenernos motivados y seguir adelante con este proyecto.

Por último, agradecemos a la comunidad del municipio de Garzón por su interés en este proyecto y por brindarnos su confianza para trabajar en la implementación de una red FTTH en la zona. Esperamos que este proyecto contribuya al desarrollo de la región y mejore la calidad de vida de la población.

*""El éxito no es la clave de la felicidad. La felicidad es la clave del éxito. Si amas lo que estás haciendo, tendrás éxito"*  
Albert Schweitzer

*""No te rindas, por favor no cedas, aunque el frío queme, aunque el miedo muerda, aunque el sol se ponga y se calle el viento, aún hay fuego en tu alma, aún hay vida en tus sueños".*  
Mario Benedetti

## DEDICATORIA

*Este proyecto de grado es dedicado a todas y cada una de las personas que hicieron posible se trazara este grandioso camino que se me permitió transitar. A mi querido padre Guillermo, pilar fundamental en mi vida y gran motivo de inspiración para lograr las metas trazadas, a mi amada madre Edna, que sin su amor y su apoyo nada de esto hubiese sido posible, a mis abuelas que nunca me dejaron de apoyar y siempre fueron incondicionales, a mi novia Dajhana en quien siempre puedo encontrar el complemento para estar enfocado, a mis hermanos que me acompañaron en todo este proceso, a mi familia en general porque son el motor que mueve mi vida. A mis maestros que fueron determinantes con su guía, a mi amigo y compañero de tesis Duvan por su apoyo y amistad, a Dios especialmente por el don de la vida. A todos, infinitas gracias.*

Juan Sebastián Nieto Cabrera.

*Dedico este trabajo de grado a mis padres, quienes siempre han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional en todo momento. Gracias a su amor, dedicación y esfuerzo, he tenido la oportunidad de estudiar y crecer como persona y profesional.*

*También dedico este trabajo a mis amigos y compañeros de estudios, quienes han sido una parte fundamental en mi formación académica y personal. Gracias por sus consejos, apoyo y motivación a lo largo de estos años de estudio.*

*Por último, dedico este trabajo a la comunidad del municipio de Garzón, en el departamento de Huila, donde se desarrollará el proyecto de diseño de una red FTTH. Espero que este proyecto contribuya a mejorar la calidad de vida de la población y acerque a la comunidad a las oportunidades que ofrece el mundo digital.*

Eivar Duván Morales Guzmán.

CONTENIDO	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACIÓN	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA FTTH	20
3.1.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO	24
3.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	25
3.1.2.1 VENTAJAS	25
3.1.2.2 DESVENTAJAS	26
3.2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS FTTH	27
3.2.1. PUNTO A PUNTO (P2P)	27
3.2.2. PUNTO MULTIPUNTO (P2MP)	28
3.2.3. REDES PASIVAS ÓPTICAS (PON)	29
3.2.4. REDES ACTIVAS	31
3.3. COMPONENTES DE UNA RED FTTH	31
3.3.1. TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA (OLT)	32
3.3.2. TERMINAL DE RED ÓPTICA (ONT)	34
3.3.3. CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA	34
3.3.4. CONECTORES Y ADAPTADORES	40
3.4. TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA	42
3.4.1. MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN	43

3.4.2. MULTIPLEXACIÓN Y DEMULTIPLEXACION	45
3.4.3. AMPLIFICACIÓN ÓPTICA	45
3.5. TOPOLOGÍAS DE RED FTTH	46
3.5.1. ESTRELLA	46
3.5.2. ÁRBOL	47
3.5.3. MALLADA	47
3.6. 3.6 NORMAS Y ESTÁNDARES	47
3.6.1. NORMAS Y ESTÁNDARES PARA REDES FTTH	47
3.6.2. NORMAS Y ESTÁNDARES PARA CABLEADO	48
4. MARCO NORMATIVO Y REGULACIÓN EN COLOMBIA.	50
4.1. LEY 2108 DE 2021	50
4.2. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES (CRC)	51
4.3. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG)	52
4.4. TOPES TARIFARIOS POR COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA	52
4.5. EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES PON	53
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE GPON	54
4.1.2. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1	54
4.1.3. RECOMENDACIÓN UIT G.984.2	54
4.1.4. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3	55
4.1.5. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4	55
4.1.6. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.5	55
4.1.7. NORMATIVA IP PARA CAJAS NAP	55
5. DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA RED	57
5.1. TOPOLOGÍA DE RED	61
5.2. DISEÑO DE LA RED.	63
5.3. LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	65

5.4. COMPONENTES DE LA RED	66
5.4.1. COMPONENTES PASIVOS.	66
5.4.2. COMPONENTES ACTIVOS.	73
6. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN	75
6.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	75
6.1.1. COSTOS DE EQUIPOS Y MATERIALES	75
6.1.2. COSTOS POR ARRENDAMIENTO DE POSTES	76
6.2. FASES DEL PROYECTO	77
6.2.1. FASE 1- PREPARACIÓN	77
6.2.2. FASE 2: VERIFICACIÓN DE CONDICIONES EN LA ZONA	78
6.2.3. FASE 3: INSTALACIÓN	78
6.2.4. FASE 4- TEST	79
6.2.5. FASE 5: OPERACIÓN	80
7. CONCLUSIONES	81
8. RECOMENDACIONES	82
9. REFERENCIAS	83

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Nivel de acceso a red de fibra óptica hasta el hogar .....	20
Figura 2. Diferencias de la fibra multimodo y monomodo .....	21
Figura 3. Multiplexación por división de onda .....	22
Figura 4. Diagrama de FTTX.....	23
Figura 5. Diagrama de funcionamiento P2P para FTTH y FTTB.....	27
Figura 6. Diagrama de funcionamiento P2MP para FTTH .....	28
Figura 7. Red PON .....	29
Figura 8. Multiplexación y demultiplexación de una red PON.....	30
Figura 9. Funcionamiento de la OLT a nivel global .....	33
Figura 10. Tipos de cables según su estructura .....	35
Figura 11. Cable de figura 8 .....	36
Figura 12. Cable aéreo Autosportado .....	37
Figura 13. Cable aéreo Autosportado .....	38
Figura 14. Cable compuesto tierra óptico.....	39
Figura 15. Cable híbrido.....	40
Figura 16. Tipos de conectores más comunes .....	41
Figura 17. Tipos de adaptadores más comunes.....	42
Figura 18. La Realimentación en el Seguidor Emisor .....	43
Figura 19. Esquema general de un modulador de intensidad tipo Mach-Zehnder.....	44
Figura 20. Sistema WDM .....	45
Figura 21. topología de red FTTH .....	46
Figura 22. Tipo de fibra óptica recomendada según diferentes estándares ethernet. Las de tipo monomodo pueden alcanzar distancias superiores a 2 km .....	48
Figura 23. División municipio de garzón por zonas.....	57
Figura 24. Proyección de puntos de acceso.....	59
Figura 25. Topología de red en estrella.....	61

Figura 26. Topología de red tipo bus. ....	62
Figura 27. Red de Transporte – Troncal principal. ....	64
Figura 28. Tramos complementarios. ....	65

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tablas topes Tarifarios – Resolución CRC 5890 de 2020 .....	53
Tabla 2. Descripción de las zonas .....	58
Tabla 3. Características de los Divisores asimétricos .....	63
Tabla 4. Listado de componentes pasivos de la red.....	66
Tabla 5. listado componentes de red .....	74
Tabla 6. Grado de Protección Norma IEC 60529 .....	55
Tabla 7. Grado de Protección Norma IEC 60529 .....	56
Tabla 8. Costos de equipos y materiales.....	75
Tabla 9. Costos por arrendamiento de postes .....	77
Tabla 10. Presupuesto total del proyecto .....	77

## **Listado de Acrónimos**

- ADSS: All Dielectric Self Supported
- ANSI: American National Standards Instituto
- CRC: Comisión de Regulación de Comunicaciones:
- CREG : Comisión de Regulación de Energía y Gas
- DAS: Dual Attachment Station
- DAC: Dual Attachment Concentrador
- EDFAS: fiber amplifiers based on erbium-doped optical fibers
- FC: Ferrule Connector
- FTTB: Fiber to the building
- FTTC: Fiber to the curb
- FTTH : Fiber To The Home
- FTTP: Fiber To The Premises
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ISO: International Organization for Standardization
- ITU: International Telecommunication Union
- OLT: Optical Line Terminal- terminal de línea óptica
- ONT: Terminal de fibra óptica
- OPGW: Optical Ground Wire
- P2P: Punto A Punto
- PON: Passive Optical Network - Redes Pasivas Ópticas
- SAS: Single Attachment Station
- SOA: amplificadores ópticos
- ST: Straigh Tip
- SC: Estándar Conektor
- TDM : Time Division Multiplexing
- WDM: wavelength division multiplexin

## **RESUMEN**

TÍTULO:

DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL MUNICIPIO DE GARZÓN

AUTORES:

JUAN SEBASTIAN NIETO CABRERA  
EIVAR DUVAN MORALES GUZMAN

PALABRAS CLAVES:

FTTH (fiber to the home), Fibra óptica, Acceso de banda ancha, Planificación estratégica

DESCRIPCIÓN:

Para el departamento del huila sigue teniendo una alta relevancia las inversiones privadas en el segmento de las telecomunicaciones, como es el caso por aplicar el servicio de internet banda ancha mediante el uso del modelo tecnológico de despliegue FTTH. El desarrollo del diseño del objetivo planteado dejará documentado todo el proceso de planificación estratégica y de ejecución del mismo, así como sus requisitos aplicables dentro de la normatividad colombiana vigente. Este documento pretende compilar en base con los antecedentes establecidos, un análisis de los costos de implementación del despliegue de fibra óptica según sea la topología aplicable.

## **ABSTRACT**

**TITLE:**

DESIGN OF A FTTH NETWORK FOR THE MUNICIPALITY OF GARZÓN

**AUTHORS:**

JUAN SEBASTIAN NIETO CABRERA  
EIVAR DUVAN MORALES GUZMAN

**KEYWORDS:**

FTTH (fiber to the home), Fiber optics, Broadband access, Strategic planning.

**DESCRIPTION:**

For the department of Huila, private investments in the telecommunications segment continue to be highly relevant, as is the case in applying the broadband internet service through the use of the FTTH technological deployment model. The development of the design of the proposed objective will document the entire process of strategic planning and its execution, as well as its applicable requirements within the current Colombian regulations. This document intends to compile, based on the established background, an analysis of the implementation costs of the fiber optic deployment according to the applicable topology.

## INTRODUCCIÓN

La conectividad es un aspecto fundamental en nuestra sociedad actual, y el acceso a internet se ha convertido en un derecho humano que permite a las personas acceder a información, comunicarse, realizar trámites y, en definitiva, vivir en una sociedad digitalizada. Sin embargo, en muchas regiones de nuestro país, la conectividad sigue siendo un problema, y es por esto que se hace necesario el desarrollo de proyectos que permitan acercar a la población a las oportunidades que ofrece el mundo digital.

En este sentido, el presente trabajo de grado se enfoca en el diseño de una red FTTH (Fiber To The Home) para el área urbana del municipio de Garzón, en el departamento del Huila. El objetivo principal es desarrollar un proyecto de diseño que contemple todos los factores técnicos, normativos y económicos necesarios para el despliegue inicial de la red de fibra óptica para el hogar en esta zona.

La fibra óptica es una tecnología de transmisión de datos que utiliza hilos delgados de vidrio o plástico para transmitir información a largas distancias. A diferencia de otros medios de transmisión de datos, la fibra óptica tiene una capacidad de transmisión muy alta, lo que la hace ideal para el acceso a internet de alta velocidad. El FTTH, por su parte, es una tecnología que lleva la fibra óptica hasta el hogar del usuario final, lo que garantiza la calidad y velocidad de la conexión.

En Colombia, la implementación de redes FTTH se ha venido desarrollando en los últimos años, principalmente en las grandes ciudades. Sin embargo, para un municipio de quinta categoría como es el caso del municipio de Garzón, la brecha digital es aún amplia, aún y con todo el esfuerzo realizado por el gobierno nacional y en sus programas: Programa Nacional de Conectividad (PNC), y Conexión Digital Para La Prosperidad, que buscan acercar a la población a las oportunidades que ofrece el mundo digital, aún queda mucho por hacer en términos de conectividad en estas zonas.

En este proyecto, se abordará el uso de la posteadura existente a cargo de Electrohuila para minimizar los costos de despliegue y maximizar la eficiencia en la implementación de la red. De esta forma, se busca brindar información relevante para la implementación de servicios de internet hogar en Garzón, lo que permitirá evaluar los costos y el ingreso al mercado de estos servicios.

El alcance de este proyecto de diseño comprende todos los factores técnicos, normativos y económicos asociados al despliegue inicial de la red de fibra óptica para el hogar en el municipio de Garzón. Se considerarán las necesidades de la población, la topografía de la zona, la infraestructura disponible, la normatividad local y nacional, así como los costos asociados a la implementación del proyecto.

Por otro lado, se analizará la topografía de la zona para identificar posibles obstáculos en la implementación de la red FTTH, así como para planificar la ubicación de los nodos y las rutas de las troncales de fibra óptica, que permitan una mejor relación entre costo y beneficio del despliegue.

## 1. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Garzón, en el departamento de Huila, es una de estas zonas donde la conectividad aún es un problema. Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), en 2021 sólo el 51,5% de los hogares del departamento del huila tenía acceso a internet, lo que indica una brecha digital significativa en esta zona. Es por esto que el diseño de una red FTTH para Garzón se justifica como una medida necesaria para acercar a la población a las oportunidades que ofrece el mundo digital.

La implementación de una red FTTH en Garzón permitiría a la población acceder a internet de alta velocidad y calidad, lo que tendría un impacto positivo en su calidad de vida. Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el acceso a internet de alta velocidad puede aumentar la productividad, mejorar la educación, reducir la brecha digital y generar oportunidades económicas. Esto significa que, a través de la implementación de una red FTTH en Garzón, se pueden generar oportunidades económicas y sociales para la población.

En cuanto a la justificación técnica del proyecto, la fibra óptica es la tecnología más adecuada para la transmisión de datos a largas distancias y con altas velocidades de transmisión. Según expertos en telecomunicaciones, la fibra óptica puede soportar velocidades de transmisión que van desde 100 Mbps hasta 100 Gbps o más, dependiendo de diversos factores como la calidad de la fibra óptica, la tecnología utilizada y otros factores, lo que la hace ideal para el acceso a internet de alta velocidad. Además, la fibra óptica es una tecnología más resistente y segura que otros medios de transmisión de datos, lo que garantiza una mayor estabilidad y seguridad en la conexión a internet.

En cuanto a la justificación económica del proyecto, el acceso a internet de alta velocidad puede generar oportunidades económicas para la población, aumentar la productividad y generar oportunidades de negocio en áreas como el comercio electrónico, la educación a virtual y el trabajo remoto. Esto significa que la implementación de una red FTTH en Garzón puede generar oportunidades económicas para la población y contribuir al desarrollo económico de la región.

**Comentado [EDMG1]:**

**Comentado [EDMG2R1]:** <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-hogares-entic-hogares>

**Comentado [EDMG3]:** <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Medicion-del-impacto-socioeconomico-del-desarrollo-de-infraestructura-de-ultima-milla-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Además, la implementación de una red FTTH en Garzón puede tener un efecto multiplicador en la economía local. el acceso a internet permite a las empresas acceder a información relevante, comunicarse con clientes y proveedores, realizar trámites y transacciones en línea, y utilizar herramientas de gestión empresarial. Además, el acceso a internet de alta velocidad permite a las empresas acceder a servicios en la nube, lo que les permite almacenar y compartir información de manera más eficiente y reducir los costos de infraestructura además de que genera nuevas oportunidades de negocio y ampliación de los mercados de las empresas así como el comercio electrónico ha venido creciendo exponencialmente en los últimos años, se espera que continúe creciendo en el futuro permitiendo a sus usuarios mejorar su competitividad en el mercado nacional y global.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una red de fibra óptica que permita brindar el servicio de internet banda ancha en el municipio de Garzón, aplicando la normatividad vigente y teniendo en cuenta los aspectos técnicos y económicos para el desarrollo de un proyecto FTTH.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar los requisitos técnicos y legales aplicables al desarrollo de un proyecto de fibra óptica para el hogar haciendo uso del tendido de postas existentes.

Evaluar los costos asociados a los diferentes proveedores de canales dedicados de servicios de internet.

Diseñar la red PON (Passive Optical Network) que mejor se ajuste a la topología y alcance del despliegue, así como su datacenter.

Evaluar los costos asociados al despliegue de la infraestructura de la red PON, implementación de los equipos activos de fibra y demás equipos y activos necesarios para la operación de la red.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA FTTH

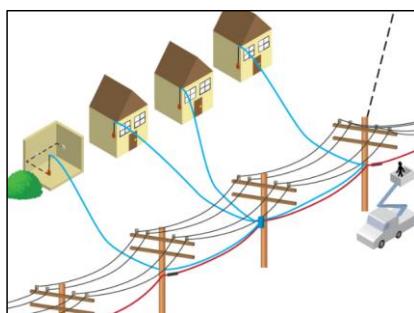
FTTH es una tecnología de comunicaciones que se refiere a "Fiber to the Home" (Fibra óptica hasta el hogar), que es una forma de proporcionar servicios de banda ancha a través de una red de fibra óptica.

En lugar de depender de cobre o cables coaxiales para proporcionar servicios de Internet y otros servicios de comunicación, FTTH utiliza cables de fibra óptica que son capaces de transmitir grandes cantidades de datos a largas distancias con una pérdida de señal mínima. La fibra óptica es una tecnología más rápida y confiable que las tecnologías de cableado convencionales, lo que permite a los usuarios acceder a una mayor cantidad de ancho de banda y disfrutar de una conexión a Internet más rápida y sin interrupciones.

En una red FTTH, la fibra óptica se extiende desde la central del proveedor de servicios hasta la casa o el edificio del usuario final. Esta red también puede proporcionar servicios de televisión y telefonía, así como acceso a Internet de alta velocidad. FTTH es una tecnología que está siendo adoptada cada vez más en todo el mundo y se considera el futuro de las redes de comunicaciones, debido a su gran capacidad de transmisión y a su fiabilidad en la transmisión de datos (ver figura1)

**Figura 1.**

*Nivel de acceso a red de fibra óptica hasta el hogar*



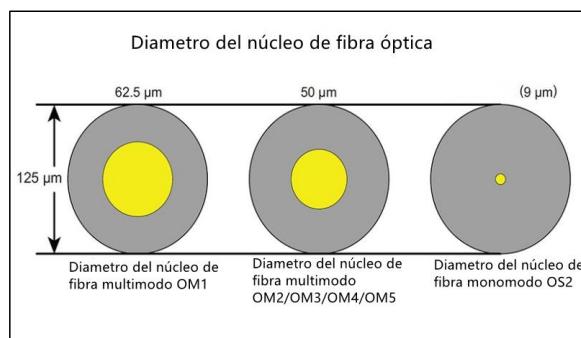
*Nota:* tomado de De los Reyes Gavilán, I. G. (s. f.).

La fibra óptica ha evolucionado significativamente desde su invención en los años 70. Al principio, la fibra óptica se utilizaba principalmente en aplicaciones militares y de comunicaciones a larga distancia, pero desde entonces ha experimentado un aumento en la popularidad y el uso en una amplia gama de aplicaciones de comunicaciones, incluyendo FTTH. A continuación, se presentan algunas de las etapas más destacadas en la evolución de la fibra óptica:

Desarrollo de la fibra óptica de monomodo: En la década de 1980, se desarrolló la fibra óptica de monomodo, que es capaz de transportar señales de luz a una sola longitud de onda. Esto permitió la transmisión de señales a distancias mucho más largas y a velocidades más altas que las fibras ópticas de multimodo (ver figura 2).

**Figura 2.**

*Diferencias de la fibra multimodo y monomodo*



Nota: tomado de Sheldon (2021).

Dentro de sus características principales encontramos el diámetro del núcleo, el diámetro del núcleo de fibra monomodo es mucho más pequeño que la fibra multimodo. El diámetro típico del núcleo es de 9  $\mu\text{m}$ , incluso si hay otros disponibles. Y el diámetro del núcleo de fibra multimodo es de 50  $\mu\text{m}$  y 62.5  $\mu\text{m}$  típicamente, lo que le permite tener una mayor capacidad de “recolección de luz” y simplificar las conexiones. El diámetro del revestimiento de fibra monomodo y multimodo es de 125  $\mu\text{m}$ .

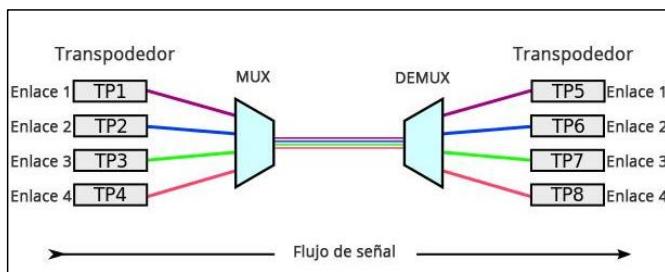
En relación a la longitud de onda y fuentes de luz utilizadas, debido al gran tamaño del núcleo de la fibra multimodo, Las fuentes de luz que usa son de bajo costo como LED (diodos emisores de luz) y VCSEL (láseres emisores de superficie de cavidad vertical) que funcionan en la longitud de onda de 850 nm y 1310 nm se utilizan en multimodo cables de fibra a diferencia que la monomodo a suele usar diodos láser para producir luz inyectada en el cable, y su longitud de onda comúnmente utilizada es 1310 nm y 1550 nm.

Desarrollo de la fibra óptica de dispersión compensada: En la década de 1990, se desarrolló la fibra óptica de dispersión compensada, que reduce la distorsión de la señal al equilibrar los diferentes tiempos de llegada de las señales. Esto permitió una mayor velocidad y distancia en la transmisión de señales.

Desarrollo de la tecnología WDM: A mediados de la década de 1990, se desarrolló la tecnología WDM (Wavelength Division Multiplexing), que permite la transmisión de múltiples señales a través de una sola fibra óptica utilizando diferentes longitudes de onda. Esto permitió un mayor ancho de banda y la capacidad de ofrecer múltiples servicios de comunicaciones en una sola red (ver figura 3)

**Figura 3.**

Multiplexación por división de onda



Nota: Tomado de Precisión (2023)

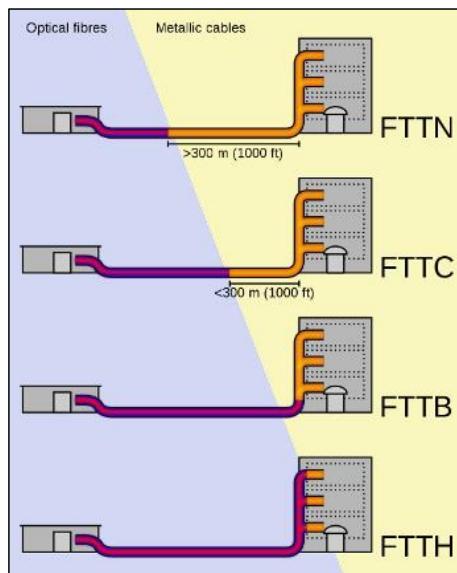
En términos técnicos, WDM utiliza divisores de longitud de onda para combinar múltiples señales de diferentes longitudes de onda en una sola fibra óptica. Cada señal se transmite a través

de una longitud de onda diferente y, al llegar al otro extremo de la fibra, un demultiplexor separa las señales para que puedan ser procesadas individualmente.

Desarrollo de la tecnología FTTH: En las últimas décadas, se ha producido una rápida adopción de la tecnología FTTH, que permite la conexión de una red de fibra óptica directamente desde el proveedor de servicios hasta el hogar del usuario final. Esto ha permitido una mayor velocidad y estabilidad en la conexión a Internet, y la transmisión de voz, video y datos de alta calidad a través de una única red (ver figura 4)

**Figura 4.**

Diagrama de FTTX.



Nota: tomado de Escallón et al. (2020)

FTTX se refiere a una familia de tecnologías de comunicaciones que se basan en la transmisión de datos a través de fibra óptica, que incluye FTTH (Fiber to the Home), FTTP (Fiber to the Premises), FTTB (Fiber to the Building), y FTTC (Fiber to the Curb) que han venido evolucionando a lo largo del tiempo.

La evolución de FTTX ha sido muy importante en las últimas décadas, permitiendo una mayor velocidad de transmisión y una mayor capacidad en la transmisión de datos, voz y video. A continuación se presentan algunas de las etapas más destacadas en la evolución de FTTX:

Desarrollo de la tecnología FTTH: A mediados de la década de 1990, se desarrolló la tecnología FTTH, que permitía la conexión directa de una red de fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta el hogar del usuario final. Esto permitió una mayor velocidad y estabilidad en la conexión a Internet, y la transmisión de voz, video y datos de alta calidad a través de una única red.

Desarrollo de la tecnología FTTC: En la década de 2000, se desarrolló la tecnología FTTC, que permite la conexión de una red de fibra óptica hasta un nodo cercano a la casa o edificio del usuario final. Desde allí, se utiliza el cableado de cobre existente para la transmisión de señales a la casa o edificio. Esto permitió una mayor velocidad de conexión a Internet y una mayor capacidad en la transmisión de datos.

Desarrollo de la tecnología FTTB: A finales de la década de 2000, se desarrolló la tecnología FTTB, que permite la conexión de una red de fibra óptica hasta el edificio o complejo de viviendas del usuario final. Desde allí, se utiliza el cableado interno existente para la transmisión de señales a cada unidad. Esto permitió una mayor velocidad de conexión a Internet y una mayor capacidad en la transmisión de datos en edificios de múltiples unidades.

Desarrollo de la tecnología FTTP: A partir de la década de 2010, se ha desarrollado la tecnología FTTP, que permite la conexión de una red de fibra óptica hasta el punto más cercano posible al usuario final, incluyendo hogares, edificios y áreas residenciales. Esto ha permitido una mayor velocidad de conexión a Internet y una mayor capacidad en la transmisión de datos.

### **3.1.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO**

La tecnología FTTH de transmisión de datos permite la conexión directa de una red de fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta el hogar del usuario final, sin utilizar intermediarios como nodos o amplificadores de señal. Esta tecnología se ha convertido en una alternativa de vanguardia para la provisión de servicios de comunicación, ya que utiliza una conexión de fibra óptica que ofrece una mayor velocidad de transmisión, un ancho de banda más amplio, una mayor estabilidad de la señal, y una menor latencia. Todo ello se traduce en una experiencia de usuario mejorada y más satisfactoria.

Además, FTTH permite la transmisión de señales de voz, datos y video de alta calidad a través de una única red, lo que resulta en una reducción de costos y una mayor eficiencia para los proveedores de servicios.

En resumen, FTTH es una tecnología de comunicación de última generación que proporciona acceso a Internet, telefonía y televisión de alta calidad, rápida y confiable, y que se ha convertido en la opción preferida por muchos proveedores de servicios y usuarios finales debido a su excelente rendimiento y beneficios en comparación con otras tecnologías de red.

### **3.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Los sistemas clásicos de comunicaciones usan señales eléctricas soportadas por cable coaxial, cobre, radio, etc. en función del tipo de aplicación a dar servicio. Estos sistemas presentan algunos inconvenientes y limitaciones que hicieron necesario buscar otras vías para transmisión de datos, basándose en otro tipo de señales diferentes al electromagnetismo, como es el caso de la fibra óptica.

El propio hecho que una fibra utilice la energía luminosa como medio de transmisión, presenta un conjunto importante de ventajas sobre otros soportes utilizados en la transmisión de señales analógicas y digitales. Sin embargo, cada aplicación trae consigo una serie de beneficios y desventajas asociadas a sus características y aplicaciones.

#### **3.1.2.1 VENTAJAS**

**Mayor velocidad:** La fibra óptica permite la transmisión de datos a una velocidad mucho más alta que las tecnologías de transmisión de señales tradicionales. Las velocidades de transmisión pueden ser de gigabits o terabits por segundo, lo que permite una transferencia rápida de grandes cantidades de datos.

**Mayor capacidad:** La fibra óptica tiene una mayor capacidad de transmisión de datos que otras tecnologías de transmisión de señales. Esto significa que puede transportar una mayor cantidad de datos simultáneamente, lo que permite la transmisión de múltiples servicios a través de una sola red.

**Menor pérdida de señal:** La fibra óptica tiene una pérdida de señal mucho menor que otras tecnologías de transmisión de señales. Esto significa que las señales pueden viajar a mayores distancias sin debilidad o interferencia.

**Mayor seguridad:** La fibra óptica es inmune a la interferencia electromagnética y al ruido eléctrico, lo que la hace más segura para la transmisión de datos. La información transmitida a través de fibra óptica es difícil de interceptar, lo que la hace más segura que otras tecnologías de transmisión de señales.

**Menor costo de mantenimiento:** La fibra óptica requiere menos mantenimiento que otras tecnologías de transmisión de señales. La vida útil de la fibra óptica es mayor y su mantenimiento es menos costoso, ya que no necesita ser reemplazada con tanta frecuencia como otras tecnologías.

### **3.1.2.2 DESVENTAJAS**

Aunque la fibra óptica tiene numerosas ventajas sobre otras tecnologías de transmisión de señales, también tiene algunas desventajas que deben tenerse en cuenta. Algunas de las principales desventajas de la fibra óptica son:

**Costo inicial:** El costo de implementación de una red de fibra óptica puede ser significativamente mayor que el costo de implementación de una red de cobre. Esto se debe en parte al costo de los materiales y la mano de obra necesarios para instalar la fibra óptica.

**Fragilidad:** La fibra óptica es más frágil que otras tecnologías de transmisión de señales, como el cobre. Las fibras de vidrio pueden romperse o dañarse con más facilidad, lo que puede resultar en una pérdida de señal o en la necesidad de reparaciones costosas.

**Conexiones más complejas:** La conexión de la fibra óptica requiere un equipo especializado, lo que puede ser más costoso que la conexión de otras tecnologías de transmisión de señales.

**Incompatibilidad:** Algunos dispositivos de comunicación no son compatibles con la fibra óptica, lo que puede limitar su uso en ciertos contextos.

### 3.2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS FTTH

Hay varios tipos de tecnologías FTTH, que varían en términos de cómo se lleva a cabo la conexión entre el proveedor de servicios y el usuario final. A continuación se describen algunos de los tipos más comunes de tecnologías FTTH:

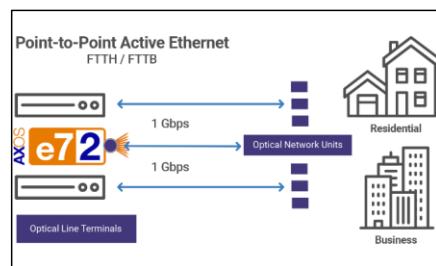
#### 3.2.1. PUNTO A PUNTO (P2P)

FTTH P2P (Point-to-Point) es un tipo de tecnología de fibra óptica que permite la conexión directa de una red de fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta el hogar o edificio del usuario final. En una red FTTH P2P, cada hogar o edificio está conectado directamente a la red de fibra óptica del proveedor de servicios mediante un cable de fibra óptica dedicado.

En términos técnicos, FTTH P2P utiliza un tipo de fibra óptica llamado "monomodo", que permite una mayor velocidad y capacidad de transmisión de datos. La fibra óptica monomodo tiene un diámetro muy pequeño, de aproximadamente 9 micrómetros, y se utiliza para transportar señales de luz a través de la fibra (ver figura 5)

**Figura 5.**

*Diagrama de funcionamiento P2P para FTTH y FTTB*



Nota: tomado de Fibconet.(2023)

Para establecer una conexión FTTH P2P, el proveedor de servicios debe instalar un terminal de fibra óptica (ONT, por sus siglas en inglés) en el hogar o edificio del usuario final. El ONT es un dispositivo que convierte las señales de luz transmitidas por la fibra óptica en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos electrónicos del usuario final.

Una vez instalado el ONT, se conecta un Router a través de un cable Ethernet para permitir el acceso a Internet y otros servicios. El cable Ethernet se conecta a un puerto de datos en el ONT, lo que permite la transmisión de datos de alta velocidad a través de la fibra óptica dedicada.

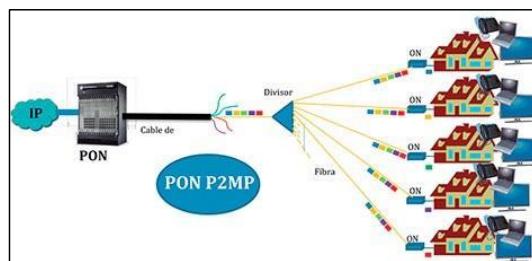
### 3.2.2. PUNTO MULTIPUNTO (P2MP)

P2MP (Point-to-Multipoint) es un tipo de tecnología de fibra óptica que permite la conexión de varias viviendas o usuarios finales a través de una única fibra óptica, en una red FTTH P2MP, el proveedor de servicios utiliza un dispositivo de transmisión especializado, como un divisor de longitud de onda (WDM), para dividir la señal de fibra óptica en múltiples canales de transmisión. Cada canal se asigna a un hogar o usuario final específico, lo que permite la conexión de varios usuarios finales a través de una sola fibra óptica.

En términos técnicos, FTTH P2MP utiliza una fibra óptica de tipo "monomodo", al igual que en la tecnología FTTH P2P, para establecer una conexión FTTH P2MP, el proveedor de servicios instala un terminal de fibra óptica (ONT, por sus siglas en inglés) en cada hogar o edificio del usuario final, de manera similar a la tecnología FTTH P2P. El ONT convierte las señales de luz transmitidas por la fibra óptica en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos electrónicos del usuario final, sea mediante conexión física ethernet o mediante la red wifi, si el dispositivo ONT cuenta con la funcionalidad (ver figura 6).

**Figura 6.**

Diagrama de funcionamiento P2MP para FTTH



Nota: tomado de Cortes (2016)

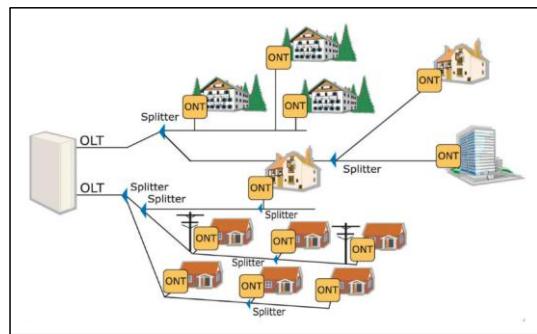
Una vez instalados los ONT, se conectan a un concentrador de fibra óptica en la central del proveedor de servicios. El concentrador actúa como un punto central de conexión para la red FTTH P2MP, permitiendo la transmisión de datos a múltiples usuarios finales a través de una sola fibra óptica.

### 3.2.3. REDES PASIVAS ÓPTICAS (PON)

Las redes PON (Passive Optical Network) son una tecnología de red de fibra óptica que utiliza una red de fibra óptica y componentes pasivos para proporcionar servicios de comunicación a varios usuarios finales. A diferencia de las redes activas, que requieren equipos electrónicos para la transmisión de señales, las redes PON utilizan componentes pasivos, como divisores de señal, para dividir y distribuir la señal de fibra óptica a través de la red (ver figura 7)

**Figura 7.**

Red PON



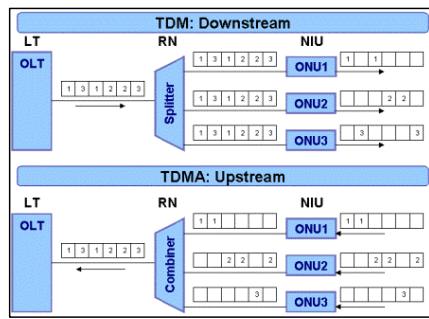
*Nota:* tomado de Cortes (2016)

En una red PON, un único enlace de fibra óptica se divide en varios canales ópticos mediante el uso de un divisor de señal pasivo. Cada canal se asigna a un grupo de usuarios finales y se utiliza para transmitir y recibir datos. Los datos se transmiten en forma de ráfagas ópticas,

utilizando técnicas de multiplexación por división en el tiempo (TDM) en Downstream y TDMA en Upstream para permitir que varios usuarios finales comparten el mismo canal de transmisión (ver figura 8).

**Figura 8.**

*Multiplexación y demultiplexación de una red PON*



Nota: tomado de De los Reyes Gavilán (s.f)

Aguas abajo ('downstream') se emplea TDM (Time Division Multiplexing) de forma que la OLT emite introduciendo en las diferentes ranuras temporales los usuarios. Los splitters, por su parte, dejan pasar la trama sin alterarla. Es la ONT u ONU la que filtra el canal que aplica en cada caso (De los Reyes Gavilán, s.f)

Aguas arriba ('upstream') se emplea TDMA (Time Division Multiple Access) que actúa como mecanismo de acceso al medio. Cada ONT u ONU recoge el canal que corresponda y lo envía aguas arriba a través de los splitters que actúan en este caso como acopladores agregando la trama. Esta trama es recibida por la OLT ya con todos los canales integrados en sus ranuras temporales. (De los Reyes Gavilán, s.f)

La arquitectura de red PON se divide en dos partes principales: la red de acceso y la red de distribución. La red de acceso conecta los hogares y edificios de los usuarios finales a la red de fibra óptica a través de terminales de fibra óptica (ONT, por sus siglas en inglés) instalados en cada

hogar o edificio. La red de distribución, por otro lado, conecta los terminales de fibra óptica a la red de fibra óptica central del proveedor de servicios.

Las redes PON tienen varias ventajas sobre otras tecnologías de red de fibra óptica, como una mayor eficiencia en el uso de la fibra óptica, menores costos de mantenimiento y una mayor seguridad en la transmisión de datos. Además, la arquitectura de red PON es escalable y se puede ampliar fácilmente para satisfacer las necesidades de una mayor cantidad de usuarios finales.

#### **3.2.4. REDES ACTIVAS**

Las redes activas son un tipo de tecnología de red de fibra óptica que utilizan equipos activos, como routers y switches, para la transmisión de señales de datos. A diferencia de las redes pasivas, que utilizan componentes pasivos como divisores de señal para distribuir la señal de fibra óptica, las redes activas utilizan equipos electrónicos para amplificar, procesar y distribuir la señal de fibra óptica a través de la red.

En una red activa, los datos se transmiten a través de una red de fibra óptica utilizando equipos electrónicos activos, como routers y switches. Estos equipos se encargan de amplificar, procesar y enrutar los datos de un punto a otro en la red, lo que permite una mayor velocidad y capacidad de transmisión de datos.

A diferencia de las redes pasivas, las redes activas tienen una mayor complejidad y un mayor costo de implementación y mantenimiento. Los equipos electrónicos activos, como routers y switches, requieren alimentación eléctrica y un mayor mantenimiento que los componentes pasivos utilizados en las redes pasivas, las redes activas tienen varias ventajas, como una mayor flexibilidad en la configuración de la red, una mayor velocidad y capacidad de transmisión de datos, y una mayor capacidad de administración y monitoreo de la red. También son adecuadas para redes más grandes y complejas, donde se requiere un mayor control y gestión de la red.

### **3.3. COMPONENTES DE UNA RED FTTH**

Los componentes principales que veremos a continuación son esenciales para el desarrollo de una red FTTH, cada uno de ellos cumple una función específica dentro de la red y esto garantiza el funcionamiento y optimización de esta según sea el caso. A la fecha contamos con componentes

que brindan mayores prestaciones y más facilidad de instalación y configuración. Dentro de los cuales podemos definir:

### **3.3.1. TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA (OLT)**

Un Terminal de Línea Óptica (OLT, por sus siglas en inglés) es un dispositivo utilizado en una red de fibra óptica que actúa como punto central de conexión para los usuarios finales. El OLT se encuentra en la central del proveedor de servicios y se utiliza para controlar y gestionar el tráfico de datos en la red de fibra óptica, el OLT se conecta a la red de fibra óptica central del proveedor de servicios y se comunica con los terminales de fibra óptica (ONT, por sus siglas en inglés) instalados en los hogares y edificios de los usuarios finales. El OLT es responsable de gestionar la asignación de ancho de banda y la calidad de servicio para cada usuario final, lo que permite una distribución equitativa del ancho de banda y una experiencia de usuario uniforme.

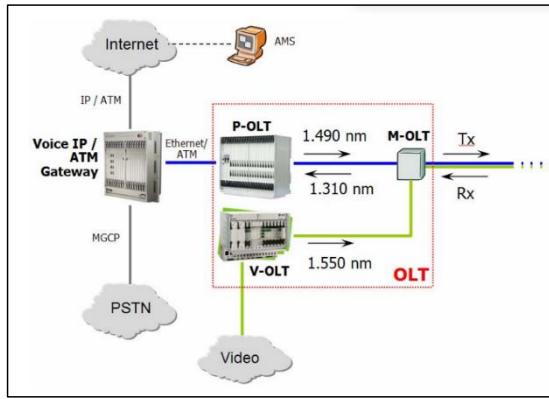
Además de la gestión del tráfico de datos, el OLT también se encarga de la seguridad de la red, la supervisión del rendimiento y el mantenimiento de la red de fibra óptica. El OLT puede realizar tareas como la detección y corrección de errores en la transmisión de datos, la asignación de direcciones IP y la gestión de la autenticación y autorización de usuarios finales.

De acuerdo con Marchukov (2011), cada OLT adquiere datos de tres fuentes diferentes de información, PSTN (public switched telephone network) o RTB (red telefónica básica), Internet, para los servicios de datos o VoIP; el OLT se conecta a través de un router o gateway IP/ATM de voz, mediante encapsulamiento IP sobre ATM, y Video broadcast o VoD (video on demand), para los servicios de videodifusión; el OLT se conecta directamente, o bien indirectamente a través de un router o gateway ATM (p.26)

En la Figura 9, se presentan los módulos OLT:

**Figura 9.**

*Funcionamiento de la OLT a nivel global*



*Nota:* Cada OLT se subdivide en tres módulos. Tomada de Escallón-Portilla et al. (2020, p. 28)

El P-OLT u OLT proveedor es el que se encargado de enviar todas las tramas hacia la red PON y recibirla al mismo tiempo haciendo uso de WDMA, al mismo tiempo que concentra la información también la divide según su naturaleza (voz y datos). Usa las longitudes de onda de 1490nm para datos y 1310nm para voz.

La V-OLT u OLT de Video se encarga de transportar las tramas de video o video bajo demanda, para ello transforma todas las tramas de video de señales inyectables en las ramas de los usuarios, viajando a una longitud de onda dedicada de 1550nm.

OLT, OLT multiplexador (multiplexer OLT). Es un equipo multiplexor WDM que permite la multiplexación y demultiplexación entre las señales procedentes del P-OLT y V-OLT.

Así pues, cada OLT tiene la tarea de evitar interferencias entre los contenidos del canal descendente y ascendente, utilizando dos longitudes de onda diferentes superpuestas. Para ello utiliza técnicas WDM (wavelength division multiplexing), basadas en el uso de filtros ópticos: multiplexación por división en longitud de onda (Escallón-Portilla et al., 2020, p. 28)

### **3.3.2. TERMINAL DE RED ÓPTICA (ONT)**

Una Terminal de Red Óptica (ONT) es un dispositivo utilizado en una red de fibra óptica que se instala en el hogar o edificio del usuario final. La ONT actúa como punto de terminación de la fibra óptica y se utiliza para convertir la señal de luz transmitida por la fibra óptica en una señal eléctrica que puede ser utilizada por los dispositivos electrónicos del usuario final.

La ONT se conecta a la fibra óptica en el hogar o edificio del usuario final y se comunica con el OLT, instalado en la central del proveedor de servicios. La ONT es responsable de la conversión de la señal de luz en una señal eléctrica y de la distribución de la señal a los dispositivos electrónicos del usuario final, como computadoras, televisores y teléfonos, la ONT puede tener varias interfaces de conexión, como Ethernet, Wi-Fi y telefonía, lo que permite la conexión de varios dispositivos electrónicos a través de una sola conexión de fibra óptica. La ONT también puede incluir funciones adicionales, como la gestión de la calidad de servicio y la asignación de ancho de banda, lo que permite una distribución equitativa del ancho de banda entre los diferentes dispositivos conectados.

### **3.3.3. CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA**

Existen varios tipos de cables de fibra óptica, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones. Algunos de los componentes que podemos encontrar dentro de la construcción de cables de fibra óptica son el polietileno (PE) usado como cubierta de protección, el cloruro de polivinilo (PVC) que es un material resistente al agua y al fuego, poliuretano (PU) encontrado en cauchos, pinturas, adhesivos, etc, fluoropolímeros usados en instalaciones para interiores debido a su buena flexibilidad, entre otros como vinal acetato de etileno y cabos de aramida.

Además de sus características de construcción podemos clasificar los cables de fibra óptica en dos grandes grupos, los cables de estructura holgada y los cables de estructura ajustada o densa. Los cables de estructura holgada (loose-tube cables) tienen un diseño que permite que los hilos de fibra óptica estén alojados en un tubo de protección separado del núcleo central del cable. Esto proporciona una capa adicional de protección contra la humedad y otros elementos ambientales. Estos cables son adecuados para su uso en aplicaciones al aire libre y pueden soportar condiciones climáticas adversas (*ver figura 10*).

**Figura 10.**

*Tipos de cables según su estructura*



Nota: tomado de ZMS Cable, (2023)

Los cables de estructura densa (tight-buffered cables), en cambio, tienen un diseño que cuenta con una capa de protección más ajustada alrededor de cada hilo de fibra óptica individual. Esto los hace más adecuados para su uso en aplicaciones de interior, donde no están expuestos a condiciones ambientales extremas. Los cables de estructura densa son más flexibles y fáciles de manipular que los cables de estructura holgada, lo que los hace más adecuados para aplicaciones que requieren curvaturas apretadas.

Actualmente en el mercado hay más estructuras de cables de fibra óptica en los cuales encontramos:

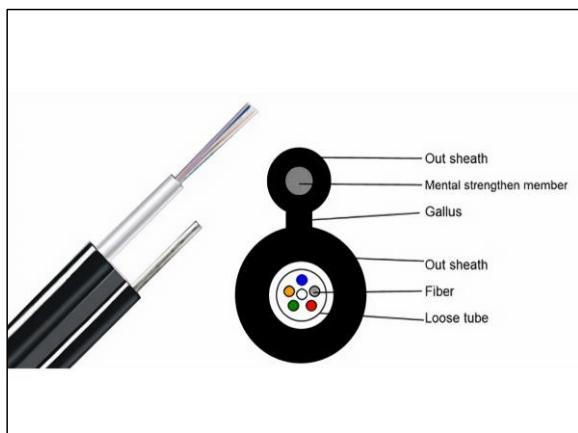
Cable blindado: El blindaje metálico protege el cable de daños mecánicos, como la exposición a ambientes hostiles o la interferencia electromagnética, el blindaje se puede fabricar de diferentes materiales, como el acero galvanizado o el aluminio, lo que le proporciona una resistencia adicional a la tracción y a los agentes externos. Además, el blindaje también puede ayudar a prevenir la interferencia electromagnética y la radiación que pueden afectar la calidad de la señal transmitida.

Cable de figura 8: este tipo de cable recibe su nombre debido a su diseño en forma de "8", que le da una apariencia distintiva. En la Figura 11, se presenta el diseño en forma de "8" del cable de fibra óptica figura 8 permite que el cable sea fácil de instalar en postes de servicios públicos, el

cual consta de dos secciones separadas, cada una de las cuales tiene su propia capa de recubrimiento protector. El núcleo de fibra óptica se encuentra en una de las secciones, mientras que la otra sección alberga los hilos de soporte que sostienen el cable en su lugar. Estos hilos de soporte pueden estar hechos de acero, aramida u otros materiales resistentes.

**Figura 11.**

*Cable de figura 8*



*Nota:* tomado de Silex Fiber (2023)

El cable de fibra óptica figura 8 se utiliza principalmente en instalaciones de telecomunicaciones aéreas, como líneas de transmisión de alta velocidad y redes de distribución de fibra óptica. Es especialmente adecuado para su uso en áreas urbanas, donde las instalaciones subterráneas pueden ser prohibitivamente costosas. El diseño en forma de "8" del cable permite que se instale de manera segura y confiable en postes de servicios públicos y otros puntos de anclaje.

Cable aéreo auto soportado: es un tipo de cable utilizado para instalaciones aéreas de fibra óptica. Este tipo de cable no necesita de soportes adicionales, como postes o torres, para sostenerse. El propio cable está diseñado para soportar su propio peso y las tensiones a las que se somete

durante la instalación y el uso. En la Figura 12, se aprecia el cable aéreo autosoportado se compone de un núcleo de fibra óptica, que está recubierto por varias capas de protección. Estas capas de protección incluyen una capa de acero galvanizado, un revestimiento de polietileno y una capa de material dieléctrico resistente a la intemperie. Los hilos de soporte están incluidos en la capa de acero galvanizado.

**Figura 12.**

*Cable aéreo Autosoportado*



Nota: tomado de Silex Fiber (2023)

E la Figura 13, se ilustra el cable aéreo autosoportado , el cual se utiliza principalmente en áreas rurales, donde la instalación de postes o torres puede ser difícil o costosa. También se utiliza en áreas urbanas, donde se requiere una instalación aérea de fibra óptica pero los postes o torres no son una opción viable. Este tipo de cable también es adecuado para instalaciones temporales, como en eventos especiales o en zonas de construcción.

Cable submarino: Los cables submarinos consisten en un núcleo de fibra óptica, que está rodeado por varias capas de protección, incluyendo una capa de cobre o aluminio, una capa de acero, una capa de material aislante y una capa exterior de plástico resistente. La fibra óptica en el interior del cable es la que permite la transmisión de datos de alta velocidad, mientras que las capas de protección ayudan a mantener el cable seguro y aislado de los elementos del océano.

**Figura 13.**

*Cable aéreo Autosoportado*



*Nota:* tomado de Silex Fiber (2023)

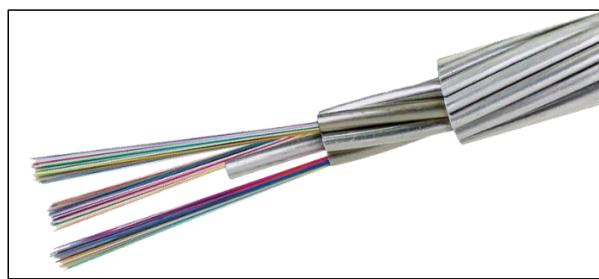
Los cables submarinos son esenciales para la comunicación global y son utilizados por empresas de telecomunicaciones, proveedores de servicios de internet, gobiernos y organizaciones militares. Los cables submarinos pueden ser extremadamente largos, llegando a medir miles de kilómetros de longitud. Debido a la naturaleza de su uso, los cables submarinos se colocan en el fondo del océano, donde están protegidos de los peligros del clima, el tráfico marítimo y otros factores externos.

**Cable compuesto tierra óptico (OPGW)** Es un tipo de cable utilizado en instalaciones de líneas de transmisión eléctrica que lleva tanto fibra óptica como un conductor eléctrico de cobre o aluminio en su interior. El conductor eléctrico actúa como un cable de puesta a tierra para proteger la línea de transmisión de los efectos de los rayos y otras perturbaciones eléctricas.

En la figura 14, se relaciona el cable compuesto tierra óptico, el cual se compone de una o más fibras ópticas rodeadas por una capa de material dieléctrico y un conductor de tierra en su interior. La fibra óptica proporciona la capacidad de transmisión de datos de alta velocidad, mientras que el conductor de tierra proporciona la protección contra las perturbaciones eléctricas. El cable también puede tener una capa exterior de protección, como una trenza de acero o una cubierta de plástico.

**Figura 14.**

*Cable compuesto tierra óptico.*



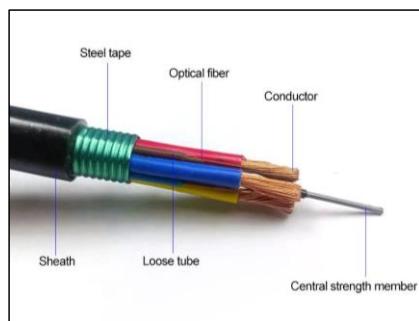
*Nota:* tomado de Silex Fiber (2023)

El cable compuesto tierra óptico se utiliza principalmente en la industria de la energía eléctrica para proporcionar la transmisión de datos de alta velocidad y la protección contra los efectos de los rayos y otras perturbaciones eléctricas. El cable es adecuado para su uso en líneas de transmisión de alta tensión, donde la protección contra las perturbaciones eléctricas es crítica. También se utiliza en aplicaciones de telecomunicaciones, como redes de fibra óptica para centros de datos y redes de comunicaciones.

Por otra parte, en la figura 15, se aprecia el cable híbrido, el cual es un tipo de cable que combina varios tipos de conductores y fibras ópticas en un solo paquete. Este tipo de cable es utilizado en aplicaciones que requieren tanto transmisión de datos de alta velocidad como energía eléctrica.

**Figura 15.**

*Cable híbrido.*



*Nota:* tomado de Silex Fiber (2023)

El cable híbrido se compone de uno o más conductores eléctricos de cobre o aluminio, junto con una o más fibras ópticas. Los conductores eléctricos se utilizan para la transmisión de energía eléctrica, mientras que las fibras ópticas se utilizan para la transmisión de datos de alta velocidad. El cable también puede tener una capa exterior de protección, como una trenza de acero o una cubierta de plástico.

**Cable en abanico:** El cable en abanico es un cable de estructura ajustada con un número pequeño de fibras y diseñado para una conectorización directa y fácil (no se requiere un panel de conexiones). Se utiliza fundamentalmente para aplicaciones interiores, tales como redes de área local.

#### **3.3.4. CONECTORES Y ADAPTADORES**

Los conectores y adaptadores de fibra óptica son componentes clave utilizados para conectar y acoplar fibras ópticas. Existen varios tipos de conectores y adaptadores de fibra óptica, a continuación, se describen algunos de los más comunes:

**Conectores LC:** El conector LC (Lucent conector) es un tipo de conector de fibra óptica pequeño y modular, utilizado comúnmente en aplicaciones de alta densidad y en redes de fibra

óptica de alta velocidad. El conector LC tiene un cuerpo de conector cuadrado, similar en tamaño al conector RJ45, y cuenta con una palanca de liberación que facilita su desconexión, el conector LC es compatible con el cable de fibra óptica de modo único (SMF) y con el cable de fibra óptica multimodo (MMF). Además, el conector LC es compatible con otros tipos de conectores, como el conector SC, mediante el uso de adaptadores

Conectores SC: el conector SC (Estándar Conector) es un conector de fibra óptica cuadrado con un mecanismo de bloqueo que asegura la conexión y previene desconexiones accidentales. Es compatible con el cable de fibra óptica de modo único y multimodo, y es fácil de usar en aplicaciones donde se requiere una conexión de alta velocidad y confiabilidad. Además, es compatible con otros tipos de conectores mediante el uso de adaptadores

Conectores ST: El conector fibra óptica ST (Straight Tip) es probablemente el conector más popular para las redes multimodo. Tiene una montadura de bayoneta y una férula larga y cilíndrica de 2.5 mm usualmente de cerámica o polímero para sostener a la fibra (Silex Fiber, 2023).

Conectores FC: El conector FC (Ferrule Connector) es muy similar al conector ST pero roscado. Se trata de un conector con propiedades bastante buenas en cuanto a pérdidas se refiere, y únicamente se suele utilizar en conexión y terminación de fibras monomodo. Está constituido por un cuerpo metálico y una férula de zirconio, que le confiere mayor durabilidad y repetitividad. Estos tipos de conectores se ilustran en la figura 16:

**Figura 16.**

*Tipos de conectores más comunes*

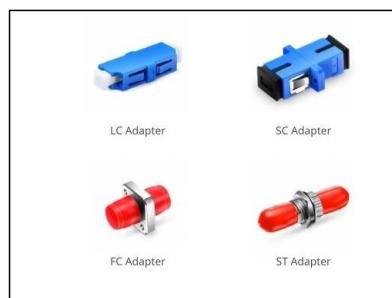


Nota: tomado de: [https://miro.medium.com/v2/resize:fit:640/format:webp/1\\* caUSi9rYbMg9qq\\_TqQoZw.jpeg](https://miro.medium.com/v2/resize:fit:640/format:webp/1* caUSi9rYbMg9qq_TqQoZw.jpeg)

Los adaptadores correspondientes a cada uno de los tipos de uniones entre conectores del mismo tipo son los que se muestran a continuación en la figura 17, corresponde a los adaptadores LC,SC,ST y SC.

**Figura 17.**

Tipos de adaptadores más comunes



*Nota:* tomado de PROMAX (2016)

Cabe destacar que también se pueden realizar diferentes tipos de configuraciones de ellos mismos organizados tanto en grupos de conectores o adaptadores de dos tipos diferentes y sabiendo que cada tipo de conector y adaptador de fibra óptica tiene sus propias ventajas y desventajas, la elección del tipo de conector o adaptador dependerá de la aplicación específica. Es importante seleccionar el tipo adecuado de conector o adaptador para asegurar una conexión confiable y de alta calidad.

#### **3.4. TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA**

Consideramos a la fibra óptica como el medio de transmisión por excelencia ya que es inmune a las interferencias electromagnéticas y al ruido en general, sin considerar la gran cantidad de información que puede transmitir y las bajas perdidas que presenta en general.

La transmisión en sistemas de fibra óptica consiste, visto de una manera muy simplificada, en enviar información contenida en haz de luz emitida ya sea por un diodo Led, o una fuente laser,

enviada a través de un hilo conductor de luz. Esta información será traducida a impulsos eléctricos por un Router que tenga incorporada una ONT.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica está definida por 3 características fundamentales que son:

Propiedades físicas de los materiales usados en la elaboración

El diseño geométrico de la fibra.

El ancho espectral de la fuente emisora de luz; siendo la capacidad de transmisión inversamente proporcional a dicho ancho espectral.

#### **3.4.1. MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN**

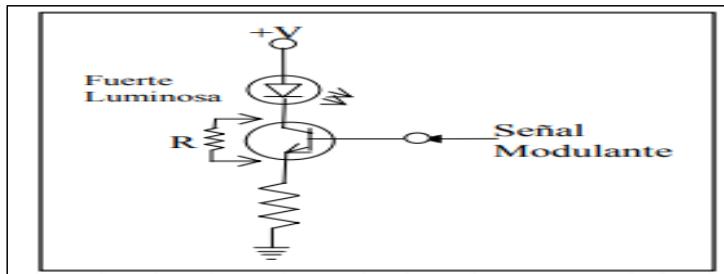
La modulación y demodulación es la encargada de procesar una señal portadora para mediante variaciones en su amplitud y fase, pueden ya sea codificar información, o detectar (decodificar) la misma.

El proceso de modulación óptica consiste en superponer información en una señal luminosa. Dicho proceso de modulación puede realizarse ya sea de manera directa, o de manera indirecta usando la “modulación externa”.

En la siguiente figura 18, se puede observar el circuito de modulación directa más básico, el cual consiste en polarizar la fuente luminosa para que emita luz a razón de una señal modulante.

**Figura 18.**

*La Realimentación en el Seguidor Emisor*



Nota: tomado de Silva et al. (2018)

Para este esquema de modulación, la velocidad se encuentra limitada por el tiempo de recombinación de los portadores y en general de las capacidades asociadas al tipo de semiconductor que se esté empleando. Este tipo de modulación funciona bien hasta velocidades de 600Mbps.

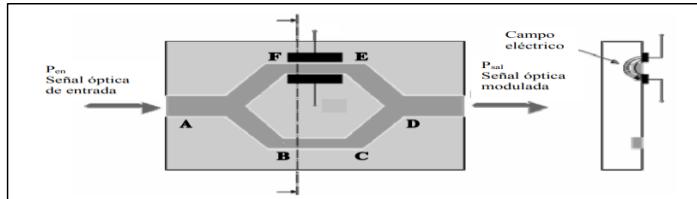
Dependiendo de la distancia que tenga el enlace, así mismo es conveniente un tipo de emisor de luz u otro; por ejemplo para el caso de transmitir a distancias cortas resulta más eficiente usar una fuente de luz de diodo led, mientras que para transmisiones a larga distancia es mejor el diodo laser pues este tiene mayor potencia que un diodo led.

Por otra parte, la modulación externa consiste en hacer pasar la onda luminosa por una guía de onda la cual al inducirle un campo eléctrico lo que cambia sus propiedades refractivas con lo que alteramos la fase de la onda, esto nos permite modular la misma sin necesidad de manipular la fuente luminosa. Generalmente se usa como guía de onda al cristal de niobato de litio por las características óptico-eléctricas que presenta.

Un esquema modulador externo muy común es el esquema modulador de intensidad tipo Mach-Zehnder, a continuación en la figura 19, se presenta un esquema de su funcionamiento en general:

**Figura 19.**

*Esquema general de un modulador de intensidad tipo Mach-Zehnder.*



Nota: tomado de Silva et al. (2018)

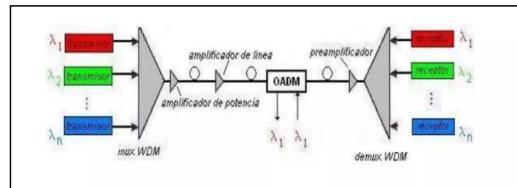
### 3.4.2. MULTIPLEXACIÓN Y DEMULTIPLEXACION

La multiplexacion por división de longitud de onda (WDM) es una técnica que se usa ampliamente para la transmisión por fibra óptica, donde utilizando diferentes longitudes de onda se puede enviar información a través del mismo medio.

Con la técnica de multiplexacion (WDM) se transmiten por una misma fibra óptica varias señales que tengan diferente longitud de onda sin que estas interfieran entre sí. El siguiente esquema ilustrado en la Figura 20, se observa el funcionamiento general de un sistema multiplexor-demultiplexor (WDM):

**Figura 20.**

*Sistema WDM*



Nota: tomado de: Silva et al. (2018)

En este esquema destacamos aspectos como que los transmisores son las fuentes de luz, que ingresan al multiplexor WDM donde las señales se combinan antes de enviarse por la fibra óptica. En el trayecto se usan EDFAs (Amplificadores Ópticos) para mejorar la intensidad de las señales; Estas son recibidas por el Demultiplexor WDM donde son separadas y enviadas a un receptor.

Otro tipo de Multiplexión usado es el DWDM, donde la multiplexión se hace por división en longitudes de ondas densas. Este nos representa ventajas en que se puede mejorar el ancho de banda efectivo de la fibra, y también se facilitan las comunicaciones bidireccionales.

### 3.4.3. AMPLIFICACIÓN ÓPTICA

Con amplificación óptica nos referimos a mejorar la intensidad de la señal, para esto necesitamos de amplificadores ópticos; un dispositivo se considera un amplificador óptico si este

puede hacer el proceso de amplificación sin necesidad de convertir la señal óptica a una señal eléctrica, si no que pueda amplificar la señal óptica directamente.

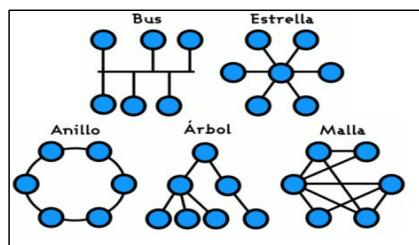
En los tipos de tecnologías para amplificadores ópticos podemos destacar los SOA, EDFA y Raman; Cada una de estas tecnologías tiene sus ventajas y aplicaciones específicas sobre las demás. Por ejemplo, los amplificadores ópticos SOA manejan un ancho de banda considerable y son controlados por corriente. Los EDFA presentan mejores características de linealidad y son amplificadores ópticos de materiales semiconductores, usados en aplicaciones de procesado como la conmutación óptica y la conversión por longitud de onda en sistemas WDM.

### 3.5. TOPOLOGÍAS DE RED FTTH

La topología de una red hace referencia a la manera en que se interconectan en su estructura física (organización de los nodos de distribución) todos los usuarios finales a la red (*ver figura 21*):

**Figura 21.**

topología de red FTTH



*Nota:* tomado de Quora (s.f.)

Las Topologías de red FTTH ilustradas en la Figura 21, son explicadas a continuacion:

#### 3.5.1. ESTRELLA

En esta topología la información va desde un punto central hacia todos los destinos finales de la red. Es una de las topologías más usadas por su simpleza y gran capacidad de adaptarse a

cualquier requerimiento geográfico o demanda de usuarios que se pueda presentar. La siguiente imagen podemos ilustrar su estructura general y comparar con otras topologías.

### **3.5.2. ÁRBOL**

Como su nombre indica la conexión entre los nodos tiene una punta y una base. Si un nodo falla no se presenta problema entre los subsiguientes, esta topología cuenta con un cable principal conocido como Backbone, el cual es encargado de llevar la comunicación a todos los nodos de la red, compartiendo el canal.

### **3.5.3. MALLADA**

Es un arreglo de interconexión de nodos entre sí, de tal manera que la información pueda llegar a un mismo destino por varios caminos, esto nos garantiza que si algún tramo falla, todavía se pueda enviar información por los demás caminos y mantener la comunicación entre los nodos. En lo tipos de topologías podemos ver uno de sus esquemas básicos.

## **3.6. 3.6 NORMAS Y ESTÁNDARES**

Entre los muchos entes reguladores podemos destacar algunos como la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), ISO (International Organization for Standardization), ITU (International Telecommunication Union), y ANSI (American National Standards Instituto).

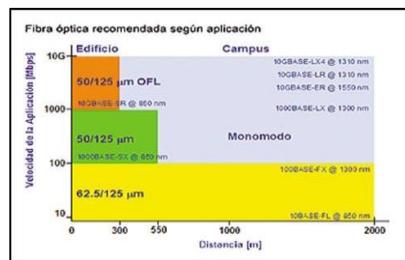
### **3.6.1. NORMAS Y ESTÁNDARES PARA REDES FTTH**

#### **ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3**

Este estándar no indica los requerimientos mínimos que deben tener todos los componentes pertinentes para el cableado de la fibra óptica. En la Figura 22 (fibra recomendada) se observa cómo se definen características como el ancho de banda y la atenuación específica para cada tipo de fibra.

**Figura 22.**

*Tipo de fibra óptica recomendada según diferentes estándares ethernet. Las de tipo monomodo pueden alcanzar distancias superiores a 2 km*



Nota: Tomado de Leandrogg. (2017)

10GBASE-R: es la implementación más común de 10GBE y utiliza el método de Codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66 bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps.

10GBASE-W es una opción que, mediante el encapsulamiento de las tramas 10GBASE-R en tramas compatibles con SONET y SDH, permite la conexión a la WAN.

### 3.6.2. NORMAS Y ESTÁNDARES PARA CABLEADO

Para indicar algunos de los estándares más sobresalientes se tiene:

Norma 568-B.13. TIA 4: Esta nos indica sobre la polaridad en los cables de fibra, indicando que cada fibra debe llevar la señal de un transmisor (TX) a un extremo, y del otro extremo la señal de un receptor (RX). Además indica que cada segmento cableado debe organizarse de tal manera que los hilos marcados con números impares estén en la posición A de una punta del cable, mientras que los hilos con números pares estarán posicionados en la posición B de la fibra.

Norma 568-B.1: Indica el método de posicionamiento de par invertido (reverse-pair positioning) con el cual se puede mantener la polaridad correcta.

Se puede encontrar varios tipos de redes, como las Directamente Enterradas, Redes Aéreas, para cada una de los cuales existe su normativa. A continuación algunos de los protocolos que se deben tener en cuenta para cada tipo de red.

**REDES FDDI** (Fiber Distributed Data Interface). Consiste en una red en fibra óptica de área local (LAN) regida por el estándar ANSI (American National Standards Institute) 3T9.5 en un protocolo de control de acceso al medio (MAC) Token Ring.

Los componentes de equipos FDDI son:

- **SAS** (Single Attachment Station): Estos son estaciones simples de conexión, es decir, un extremo en la red en una topología de árbol.
- **DAS** (Dual Attachment Station): Son estaciones duales con protección en el doble anillo.
- **DAC** (Dual Attachment Concentrador): Funciones de concentrador de red entre el doble anillo y sus extensiones.

### **REDES DIRECTAMENTE ENTERRADAS**

Son las redes en las que la fibra se encuentra en ductos que están enterrados y guiados con tubos PVC. Aunque existen casos en los que se entierra directamente a la fibra para ahorrar costos, esta práctica es poco recomendable.

**REDES AÉREAS ADSS** (All Dielectric Self Supported )(Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico).

Con este tipo de cable se debe tener en cuenta el span, que hace referencia a la distancia entre postas que puede soportar el cableado, este mismo es determinado por la estructura interna del cable.

#### **4. MARCO NORMATIVO Y REGULACIÓN EN COLOMBIA.**

En Colombia la Ley 1341 de 2009, que posteriormente fue modificada por la Ley 1978 de 2019, establece el marco regulatorio para las tecnologías de la información y las comunicaciones en Colombia. Esta ley tiene como objetivo principal promover el acceso universal y el uso de las TIC en el país, fomentar la competencia en el mercado de las telecomunicaciones y garantizar la protección de los derechos de los usuarios. Entre los aspectos más relevantes de la Ley 1341 de 2009, se pueden mencionar los siguientes:

1. Establece el derecho de todas las personas a acceder a los servicios de telecomunicaciones y a la banda ancha como un servicio esencial para el desarrollo social y económico del país.
2. Crea la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) como el organismo encargado de regular el sector de las TIC en Colombia.
3. Establece las obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones en cuanto a la calidad, cobertura y precios de los servicios
4. Establece la obligación de los prestadores de servicios de telecomunicaciones de garantizar la privacidad y seguridad de la información que manejan
5. Promueve la competencia en el mercado de las telecomunicaciones y establece mecanismos para evitar la concentración de mercado.
6. Establece la obligación de los prestadores de servicios de telecomunicaciones de prestar servicios de emergencia, como el acceso al número telefónico único de emergencias.

##### **4.1. LEY 2108 DE 2021**

La Ley 2108 de 2021 es una ley reciente en Colombia que tiene como objetivo fortalecer la protección de los derechos de los consumidores y usuarios de servicios de telecomunicaciones en el país. Esta ley busca mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones y garantizar una atención al cliente eficiente y efectiva. Entre los aspectos más importantes de la Ley 2108 de 2021, se pueden mencionar los siguientes:

- Creación del Registro Nacional de Usuarios de Servicios de Telecomunicaciones: Esta ley establece la creación de un registro único de usuarios de servicios de

telecomunicaciones en el país, que permitirá tener una base de datos actualizada y confiable de los usuarios de estos servicios.

- Obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones: La ley establece nuevas obligaciones para los prestadores de servicios de telecomunicaciones en cuanto a la calidad de los servicios, la atención al cliente y la protección de los derechos de los usuarios.
- Creación del Defensor del Usuario de Servicios de Telecomunicaciones: La ley establece la creación de la figura del Defensor del Usuario de Servicios de Telecomunicaciones, que será una entidad encargada de defender los derechos de los usuarios y de mediar en conflictos entre los usuarios y los prestadores de servicios de telecomunicaciones.
- Sanciones por incumplimiento: La ley establece sanciones para los prestadores de servicios de telecomunicaciones que incumplan las obligaciones establecidas en la ley, incluyendo multas y la suspensión temporal de la prestación del servicio.

#### **4.2. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES (CRC)**

La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) es el organismo encargado de regular el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Colombia. Entre las funciones más importantes de la CRC se encuentran:

Formular y expedir regulaciones técnicas, administrativas y económicas que garanticen la prestación eficiente de los servicios de telecomunicaciones, así como de fomentar la competencia en el mercado de las telecomunicaciones y prevenir la concentración de mercado. Véase la resolución CRC 5052 de 2016 en la cual se establecen los requisitos técnicos y de calidad que deben cumplir los servicios de internet.

Establecer las tarifas máximas que pueden cobrar los prestadores de servicios de telecomunicaciones. Véase resolución CRC 5050 de 2016 en la cual se establece las tarifas máximas que pueden cobrar los prestadores de servicios de internet en Colombia.

Reglamentar las condiciones técnicas y de calidad de los servicios de telecomunicaciones. Véase resolución CRC 3327 de 2011 la cual establece los requisitos técnicos y de calidad que deben cumplir los servicios de telecomunicaciones.

Proteger los derechos de los usuarios de los servicios de telecomunicaciones, garantizando la calidad de los servicios y la privacidad de la información. Véase la Resolución CRC 3066 de 2011 en la cual se establecen los requisitos para la protección de los usuarios de servicios de telecomunicaciones, incluyendo los usuarios de internet.

#### **4.3. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG)**

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es el organismo encargado de regular el sector de energía y gas en Colombia. Aunque su campo de acción no es directamente el de las telecomunicaciones y el internet, la CREG ha emitido algunas regulaciones que afectan indirectamente el sector de las TIC en Colombia.

Por ejemplo, la Resolución CREG 030 de 2020 establece las tarifas de uso de la red de transmisión para los prestadores del servicio público de energía eléctrica en Colombia. Esta resolución tiene un impacto indirecto en el sector de las TIC, ya que los proveedores de servicios de internet utilizan la infraestructura de la red eléctrica para la instalación y operación de sus redes.

Asimismo, la CREG ha emitido regulaciones para incentivar el uso de energías renovables en el sector de energía en Colombia. Esto puede tener un impacto indirecto en el sector de las TIC, ya que el uso de energías renovables puede reducir los costos de operación de los proveedores de servicios de internet y mejorar su sostenibilidad ambiental.

#### **4.4. TOPES TARIFARIOS POR COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA**

La ley de modernización del sector TIC (ley 1978 de 2019) estableció en cabeza de la comisión de regulación de comunicaciones (CRC) la responsabilidad de definir las condiciones de acceso a postes, ductos e infraestructura pasiva que puedan ser utilizados bajo un esquema de costos eficientes por los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones incluyendo el servicio de televisión abierta radiodifundida y todas las demás modalidades del servicio de televisión y el servicio de radiodifusión sonora. La CRC llevo a cabo el proyecto regulatorio titulado “REVISIÓN DE LAS CONDICIONES DE COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y REDES DE OTROS SERVICIOS EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES BAJO UN ESQUEMA DE COSTOS EFICIENTES”. Considerando lo anterior la siguiente tabla permite conocer los topes tarifarios publicados en la resolución CRC 5890 de 2020.

**Tabla 1.***Tablas topes Tarifarios – Resolución CRC 5890 de 2020*

Elemento de infraestructura eléctrica	Tope tarifario de contraprestación mensual por punto de apoyo 24 de enero 2020
<b>Postes del sistema</b>	Poste mayor a 8 metros y menos o igual a 10 metros
	Poste menor o igual a 8 metros
	Poste mayor a 10 metros
<b>Postes o torres del sistema de transmisión regional STR o Nacional STN</b>	Postes o torres
<b>Canalizaciones</b>	Canalización con 1 ducto en compartición (metro lineal)
	Canalización con 2 ducto en compartición (metro lineal)

Nota: Tomado de Resolución CRC 5890 (2020).

#### 4.5. EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES PON

El EPON (Ethernet PON), conocido también como GEPON, se estableció en la IEEE 802.3ah en 2004, unos meses después de que el GPON fuera introducido por el grupo EFMA (Ethernet First Mile Alliance) del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Es obvio que entidades diferentes han normalizado ambas tecnologías; EPON es del IEEE, mientras que GPON forma parte de la ITU-T (Millán, 2014, p. 65).

A pesar de que la fibra óptica supera numerosas limitaciones, uno de los desafíos en la entrega de servicios de fibra directamente a hogares y pequeñas empresas fue el alto costo de conectar cada abonado a la central, según el estándar ITU-T (GPON). Figuras destacadas de la industria establecieron la organización de normalización llamada Red de Acceso de Servicio Completo (Full-Service Access Network, FSAN) para abordar estos problemas de costos y facilitar el desarrollo de especificaciones adecuadas para sistemas de equipos de redes. Las especificaciones de FSAN fueron convertidas en recomendaciones por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T). La norma internacional G.983.1 de la ITU adoptó la especificación FSAN para redes ópticas pasivas (PONs) basadas en ATM como recomendación en 1998 (Millán, 2014, p. 66).

#### **4.1.1. DESCRIPCIÓN DE GPON**

La tercera iteración del protocolo PON, conocida como GPON, representa la segunda generación desarrollada por el consorcio FSAN. Los protocolos de GPON están detallados en la serie ITU-T G984, siendo diseñado para respaldar velocidades de datos más elevadas, adaptándose a los avances tecnológicos según lo indicado por Santillan (2013, pág. 15). La recomendación ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) (ITU-T, 2011), mencionada por Santillan (2013), es una recomendación extensa y compleja que no solo orienta en la creación y certificación de topologías GPON sino que también proporciona un criterio completo.

#### **4.1.2. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1**

La UIT-T (2008) describe la Recomendación G.984.1 como una introducción al estándar GPON, detallando sus características generales de funcionamiento, estructura y la convergencia de equipos. También ofrece ejemplos de servicios, interfaces de usuario-red (UNI), interfaces de nodo de servicio (SNI) necesarias para los operadores de red, y configura las instalaciones manteniendo las características de UIT-T G.982 y G.983.x. El objetivo es garantizar la compatibilidad con las redes de distribución óptica existentes (ODN) que cumplen con esas recomendaciones. Los sistemas GPON incluyen una terminación de línea óptica (OLT) y una unidad de red óptica (ONU) o una terminación de red óptica (ONT) conectadas por una red de distribución óptica (ODN) pasiva.

En el diseño de la red, es crucial seleccionar un estándar PON que garantice la compatibilidad con el actual e permita la adaptación y migración a nuevos estándares. Además, debe ser capaz de soportar el tráfico futuro proyectado por Cisco, que prevé un tráfico global de IP de 4.8 Zettabytes anuales para 2022, con velocidades de banda ancha fija de 75.4 Mbps en América Latina.

#### **4.1.3. RECOMENDACIÓN UIT G.984.2**

Esta recomendación establece especificaciones técnicas para la gestión de la capa física (PMD) de sistemas con tasas de velocidad en dirección descendente y ascendente. Cubre servicios de voz, distributivos y de datos en velocidades de Gigabits (Rodríguez, 2015, p. 29).

#### **4.1.4. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3**

Conocida como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC, esta recomendación aborda la trama utilizada, el control de acceso al medio, el método ranging, la función OAM y la seguridad en redes GPON. Se relaciona directamente con aspectos de la fibra óptica, describiendo redes PON y considerando distancias, funcionalidad y seguridad.

#### **4.1.5. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4**

Establece especificaciones para la interfaz de control y gestión OMCI, centrándose en la administración de recursos y servicios entre la OLT y la ONT, detallando la gestión de servicios y tramas encriptadas.

#### **4.1.6. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.5**

Sugiere un rango de bandas y longitudes de onda reservadas para futuras implementaciones de servicios mediante multiplexación WDM, aprovechando las capacidades de las redes ópticas. En el ámbito nacional, la Ley TIC respalda legalmente la investigación, definiendo principios generales sobre tecnologías de la información, comunicación, uso del espectro radioeléctrico, protección de derechos de usuarios, y la expansión de cobertura para zonas de difícil acceso, especialmente beneficiando a poblaciones vulnerables.

#### **4.1.7. NORMATIVA IP PARA CAJAS NAP**

La norma IEC 60529 Degrees of Protection clasifica el grado de protección contra objetos sólidos y líquidos. El sistema de clasificación IP se basa en dos cifras: la primera indica el nivel de protección contra objetos sólidos, y la segunda, contra el agua. Las tablas 6 y 7 presentan el grado de protección referente al primer y segundo dígito respectivamente (SolutionsFTTx, 2021).

**Tabla 2.**

*Grado de Protección Norma IEC 60529*

<b>NIVEL</b>	<b>TAMAÑO DEL OBJETO ENTRANTE</b>	<b>EFECTIVO CONTRA</b>
<b>0</b>	-	Sin protección
<b>1</b>	< 50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo
<b>2</b>	< 12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12.5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo

<b>3</b>	<2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2.5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
<b>4</b>	<1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
<b>5</b>	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento
<b>6</b>	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar en ninguna circunstancia

Nota: tomado de *Norma IEC 60529*

**Tabla 3.**

*Grado de Protección Norma IEC 60529*

NIVEL	PROTECCIÓN FRENTE A	MÉTODO DE PRUEBA	RESULTADOS
<b>0</b>	Sin protección	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo
<b>1</b>	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto).
<b>2</b>	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 150 tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo
<b>3</b>	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 600 a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
<b>4</b>	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos
<b>5</b>	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
<b>6</b>	Chorros muy potentes de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
<b>7</b>	Inmersión completa en agua	El objeto debe soportar, sin fricción alguna, la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
<b>8</b>	Inmersión completa y continua en agua	El equipamiento eléctrico/ electrónico debe soportar (sin fricción alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua.
<b>9k</b>	Potentes chorros de agua a alta temperatura	Protegido en contra de chorros de corto alcance a alta presión y de alta temperatura.	Duración del Test: Volumen de agua: 14-16 litros por minuto. Presión: [8000-10000 kPa/ 80-100 Bar] distancia de 0.1-0.15 m. Temperatura del agua: 800 C.

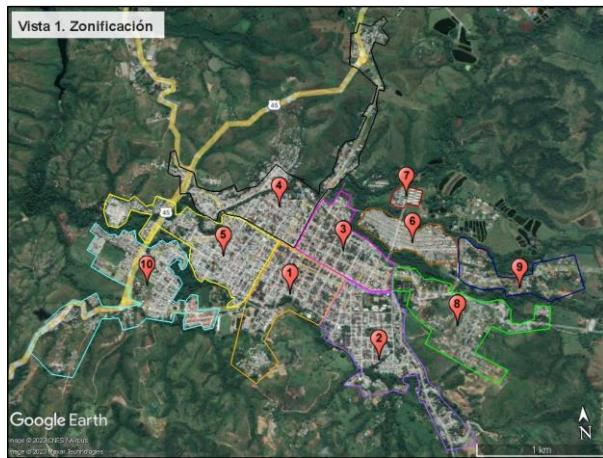
Fuente: Silex Global, (2016)

## 5. DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA RED

Como respuesta a los indicadores TIC de conectividad en el departamento del huila y haciendo un uso estratégico de los recursos, se decidió realizar el planteamiento de una un nivel de cobertura del 100% del área urbana y suburbana del municipio de garzón según el acuerdo No. 053 del 2000 (Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT) y su acuerdo modificadorio el 023 de 2007 . Lo cual permitiera ampliar las oportunidades comerciales de acceso a las redes de internet a toda su población citadina. Para el actual proyecto se realiza con una densidad de profundización objetivo del 30% del mercado, haciendo una cobertura inicial aproximada de 2400 unidades residenciales y/o comerciales del municipio de garzón para llegar al 100% del área total de influencia escogida, un total de 4,4 km<sup>2</sup> aproximadamente.

**Figura 23.**

*División municipio de garzón por zonas.*



*Nota:* Elaboración propia.

Para lograr una segmentación oportuna del trabajo de diseño y hacer un planteamiento óptimo del tendido de la red se realizó la división del área total de influencia en 10 zonas para

facilitar el proceso de diseño tal y como se muestra en la figura 23, cada una de las zonas cuenta con las características consignadas en la siguiente tabla:

**Tabla 4.**

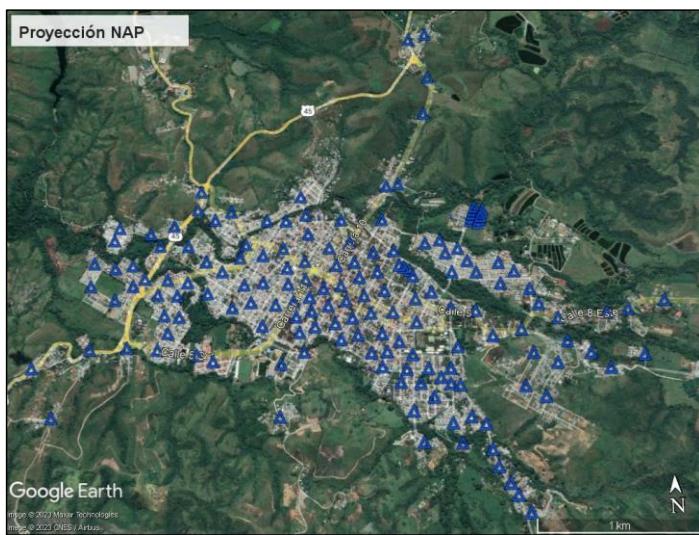
*Descripción de las zonas*

ZONA	ÁREA DE COBERTURA	PUNTOS ACCESOS PROYECTADOS	BARRIOS DE INFLUENCIA
1	493.955 m <sup>2</sup>	23	Los Pinos, Los Olivos, Mirador, Las Mercedes, Galería, El Progreso, Samaritanos, Pío XII, El centro.
2	596.477 m <sup>2</sup>	25	Santa Lucia, Las Palmas, El Bosque, Luis Carlos Galán, Las orquídeas, Cerros, Ciudad Real, Termitas, Universitario, Canadá, Minuto De Dios, Fontanar, María Auxiliadora.
3	354.880 m <sup>2</sup>	19	Nazareth, Los Canelos, El Centro, Provivienda, Mendez, Conjunto Residencial Torres del Café.
4	663.434 m <sup>2</sup>	19	El Obrero, El Jardín, La Gaitana, Los Comuneros, 20 de Julio, San Isidro, Villa de Casa Loma, El Boqueron, Bajo Sartenejo
5	558.558 m <sup>2</sup>	20	El Rosario, El Carmen, Rodrigo Lara, Santa Teresa, Juan Pablo I, Juan Pablo II, San Vicente de Paul, Nuevo Horizonte, Agustín Sierra, Las Américas, Nueva Holanda, La Florida, Chapinero, Los Nogales.
6	209.091 m <sup>2</sup>	10	Riveras de Garzón, Villa Karol, La Floresta, Los Laureles, Villa Sol, Villa Laura, Los Andes.
7	38.917 m <sup>2</sup>	10	Conjunto residencial Torres de San Felipe.
8	461.745 m <sup>2</sup>	12	Orquídea Real, Independencia, Brisas de Oriente, Las Colinas, Santa Clara, Monasterio.
9	267.380 m <sup>2</sup>	6	Calima, Ciudadela Sabambu, Primavera, Bosques de Caracolí, La Carolina, San Lorenzo.
10	750.388 m <sup>2</sup>	21	Los Guaduales, Álamos, Limonar, 5 de Noviembre, Las Vegas, Villa del Prado, Villa Constanza, Los Samanes, Villa Francia, Nueva Colombia, Fundadores, Villa Café Villa Alejandra, Altos de Garzón Agua Azul, Las Palmeras, Brisas del Sur

La proyección de los puntos de acceso se realizó en base a la densidad poblacional de las diferentes áreas, para cada una de ellas es variable por el tipo de vivienda así mismo se hizo la proyección de las cajas con el objetivo de cumplir con el porcentaje de profundización tal y como se muestra en la figura 24.

**Figura 24.**

*Proyección de puntos de acceso*



*Nota:* Elaboración propia.

En total nuestra proyección inicial nos genera una demanda de 165 puntos de acceso con divisores de 1x16, que nos generan una disponibilidad máxima de 2640 abonados con una cuota de mercado del 33%. Dentro de nuestros criterios propios del diseño tendremos en cuenta el dimensionamiento de la capacidad de transporte de potencias primarias que permita duplicar la disponibilidad de accesos para abonados de en cualquiera de los puntos de acceso ya existentes o nuevos según el nivel de profundización por zona lo requiera.

Para instituir, cómo diseñar una red FTTH, se consideró crucial el ancho de banda, ya que este factor asegura la calidad y, en cierta medida, la satisfacción de los usuarios con los servicios requeridos.

Por consiguiente, es esencial comprender el ancho de banda total necesario para transmitir cada servicio ofrecido, así como su relación con los divisores de primer y segundo nivel. Para esto, se realizó el siguiente método:

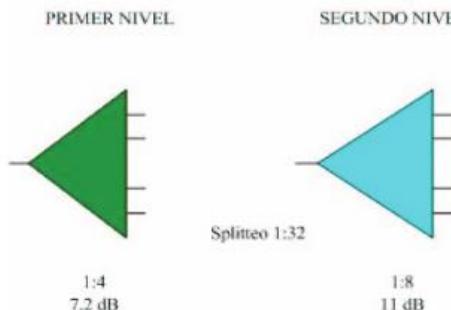
$$\text{HSI} + \text{IPTV} + \text{VoIP} \times 2 = 30 + 24 + 0.2 \times 2 = 54.2 \text{ Mbps.}$$

Se observa que los datos utilizados para calcular el ancho de banda se seleccionan del ancho de banda de bajada.

Para asegurar que los usuarios reciban de manera eficiente y constante los 54.2 Mbps, es fundamental establecer una distribución equitativa de los splitters de primer y segundo nivel. Esto se logra al considerar el número de canales de comunicación por puerto en cada uno de los splitters.

**Figura 25,**

*Relación de los splitters (N-1 y N-2) con el ancho de banda.*



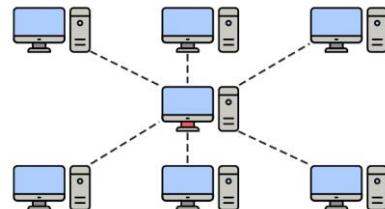
En la figura 25 se aprecia que la relación de 1:32 conlleva una pérdida de inserción de 7.2 y 11 dB en cada uno de los splitters, mientras que en el puerto GPON de la OLT se dispone de un ancho de banda de 2214.40 Mbps. Para calcular esta velocidad, se emplea el siguiente método:  $54.2 \times 32 + 60 \times 8 = 2214.4$  Mbps. Como se puede notar en el cálculo anterior, el ancho de banda disponible es de 2214.40 Mbps, lo que resulta ser menor que el ancho de banda promedio de 2500 Mbps ofrecido por un puerto PON. Sin embargo, esto aún permite brindar los servicios a los respectivos usuarios.

## 5.1 TOPOLOGÍA DE RED

Para el desarrollo de nuestro despliegue tomamos en consideración que el municipio de garzón cuenta dos tipos de áreas: La primera son zonas con un área completamente urbanizada como se presenta en las zonas 3, 4, 5, 6 y 7; el segundo tipo de área son las zonas periféricas de la ciudad y áreas suburbanas en vía de desarrollo como lo es el caso de las zonas 8 y 9. Para las zonas restantes se presenta un caso mixto en donde encontramos zonas de tipo 1 y tipo 2, por lo cual para estas zonas se realizará la proyección de futuras cargas de potencias primarias que se puedan requerir en un futuro, cumpliendo así el requisito de proyección de un aumento tanto en el mercado, como el cuota de mercado de la red primaria.

**Figura 26.**

Topología de red en estrella.

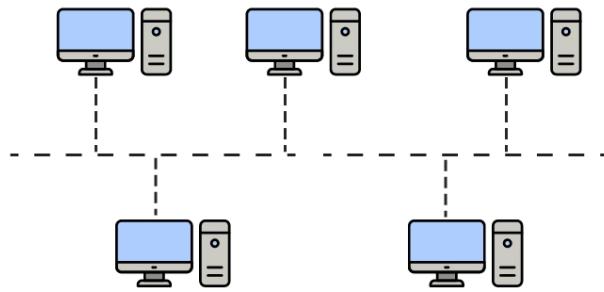


*Nota:* La figura muestra dos tipos de áreas en el municipio de Garzón: urbanizadas (zonas 3, 4, 5, 6 y 7) y periféricas/suburbanas en desarrollo (zonas 8 y 9). Para las zonas mixtas, proyectamos futuras necesidades de potencia primaria para cumplir con el crecimiento del mercado y la cuota de mercado de la red primaria.

En ese orden de ideas, tal y como se muestra en la figura 26, se pretende realizar el cubrimiento de los puntos de acceso haciendo uso de una configuración en cascada de 2 niveles en secuencia de un splitter primario de 1x18 y uno secundario de 1x16, teniendo así una capacidad de 128 abonados por cada hilo primario de nuestra ODN, esta configuración será predominante para nuestras zonas de tipo 1.

**Figura 27.**

Topología de red tipo bus.



Nota: La figura muestra la pretensión descubrir los puntos de acceso utilizando una configuración en cascada de 2 niveles con un splitter primario de 1x18 y uno secundario de 1x16, lo que permite 128 abonados por hilo primario de nuestra ODN. Esta configuración será principal para las zonas tipo 1.

En la topología de red tipo bus, ilustrada en la Figura 27, se realiza una disminución de recursos donde la troncal recorre largas distancias lineales para llegar a zonas de tipo 2, donde la densidad de cobertura es menor. En esta topología nuestro Splitteo va a tomar más de 2 niveles de profundidad para hacer nuestro gasto total de potencia, ya que con el uso de divisores asimétricos nos permite fraccionar la potencia de forma que nos permita dejar un punto de acceso de primer nivel y continuar con el transporte de nuestra potencia primaria a distancias más lejanas haciendo uso del mismo hilo que proviene desde nuestra ODF, tal y como se muestra en la figura 26, permitiéndonos un despliegue de mayor longitud con menor gasto de potencias primarias. La configuración se dará mediante el uso de las diferentes opciones de uso en splitter 1x2 asimétricos. Los cuales presentan las siguientes características de desempeño.

**Tabla 5.***Características de los Divisores asimétricos*

Parámetros	01-99	02-98	05-95	10-90	15/85	20/80
<b>Paso de Banba óptica</b>	1260-1360 e 1480 - 1650 nm					
<b>Pérdida máxima e inserción (dB)</b>	21.6	18.7	14.6	11.0	9.6	7.9
	x	x	x	x	x	x
	0.3	0.4	0.5	0.7		
<b>Pérdida máxima Dependiente de Polarización (PDL)</b>	0.2 dB					
<b>Directividad</b>	> 55db					
<b>Pérdida de Retorno</b>	> 55db					

Nota: Tomado de Furukawalatam (2021).

La elección de las topologías de red en estrella y bus para el diseño de una red FTTH se fundamenta se describe a continuacion: En primera isntancia, la topología en estrella ofrece una instalación y mantenimiento simplificados al conectar cada usuario directamente al punto central (OLT), facilitando la identificación y solución de problemas de conexión. Además, esta configuración es altamente escalable, permitiendo la adición sencilla de nuevos usuarios mediante su conexión al OLT central, garantizando así la flexibilidad necesaria para el crecimiento de la red. Por otro lado, la topología de bus proporciona una eficiente utilización de los recursos de red al compartir el mismo medio de transmisión, siendo especialmente útil en entornos donde la densidad de usuarios es alta. Ambas topologías ofrecen fiabilidad en el funcionamiento, siendo capaces de mantener el servicio incluso en caso de problemas en un punto de la red. Por consiguiente, se consideró como el rendimiento, la confiabilidad y el costo determinan la selección final, con la topología en estrella ofreciendo un mejor rendimiento individual para los usuarios, mientras que la topología de bus puede resultar más rentable en ciertos contextos debido a su eficiencia en el uso de recursos.

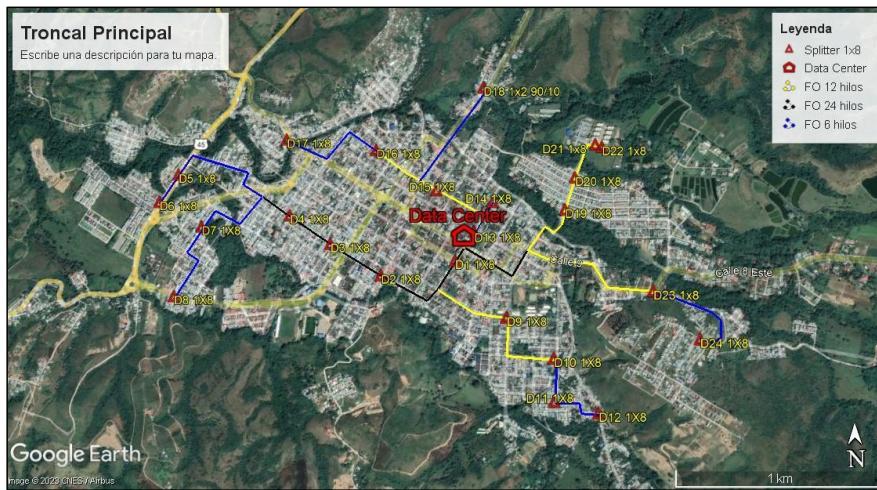
## 5.2 DISEÑO DE LA RED.

Para el diseño de nuestra red, *Ver figura 28*, se pretende llegar al 100% de los puntos de accesos diseñados para lo cual apoyandonos en la distribución geográfica del municipio y haciendo uso de la topología estrella haremos una proyección de la red troncal principal que nos permitan llegar a los puntos de acceso de primer nivel, de los cuales se derivan los puntos de acceso (NAP)

para usuario final y haciendo uso de una topología tipo bus le daremos alcance a la zona que se deriva en la salida hacia el norte del municipio.

**Figura 28.**

Red de Transporte – Troncal principal.

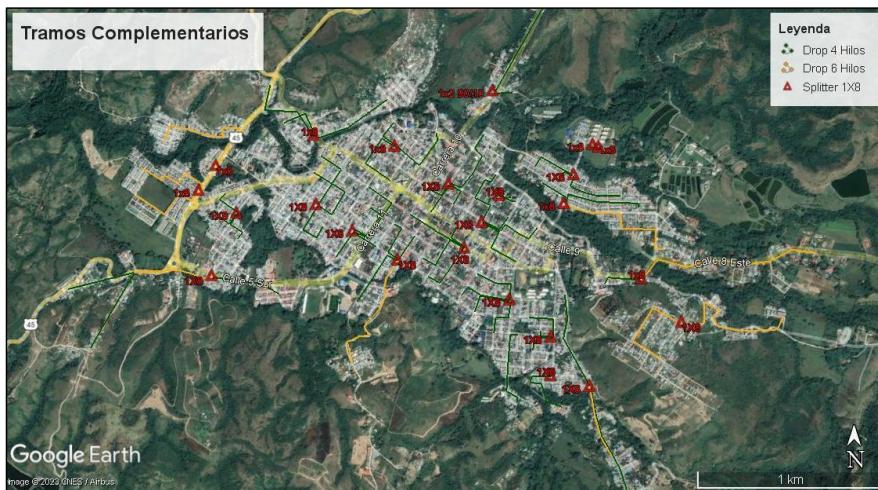


*Nota:* De acuerdo con la Leyenda de la figura en mención, las Líneas azules son fibras ópticas de 6 hilos, las líneas negras ópticas de 24 hilos. Las Líneas amarillas de son fibras ópticas de 12 hilos. El icono de casa roja es el Data Center y el triángulo representa el Splitter 1x8.

Dentro de la proyección de la red troncal se estiman 24 puntos de acceso de primer nivel con divisor de 1x8 los cuales permitirán un despliegue máximo de 192 cajas NAP, dando así cumplimiento a la cuota de accesos NAP anteriormente mencionada. Posteriormente también se deben proyectar los tramos complementarios requeridos para desplegar las cajas de acceso correspondiente a cada uno de los divisores de primer nivel de la figura 27, la cual se va a planear haciendo uso de fibra drop de 4 y 6 hilos ya que debido a la topología utilizada se el uso de fibra drop para troncal secundaria nos permite un despliegue rápido de las cajas de acceso, disminuyendo el costo de implementación. Los tramos requeridos se describen a continuación en la Figura 29.

**Figura 29.**

Tramos complementarios.



*Nota:* De acuerdo con la Leyenda de la figura en mención, las amarillas son fibras ópticas de 6 hilos, las líneas verdes ópticas de 6 hilos. El icono de casa roja es el Data Center y el triángulo representa el Splitter 1x8.

### 5.3 LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

Partiendo de la base que existe una empresa legalmente constituida y con su debido registro ante ministerio de las Tic, la radicación del trámite para llevar a cabo la legalización del proyecto se deriva del documento “PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO Y CONTROL DE CABLE OPERADORES SOBRE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA” (Ver anexo 1), esta radicación debe contar con los formatos “FT-DMT-05-001 Inventario de redes de telemáticos” (Ver anexo 2) y “FT-DMT-05-002 Factibilidad técnica para telemáticos” (ver anexo 3) debidamente diligenciados según las notas instructivas que se hacen en cada uno de los formatos,

así como las memorias del diseño de la red. Lo que con esto se pretende es establecer la cantidad de infraestructura que va a ser objeto del contrato de arrendamiento (poste, ducto, canal) y determinar el cumplimiento de las condiciones de seguridad y la normatividad aplicable para el uso de esta.

Para el caso de requerir infraestructura privada que no pertenezca al operador de la red eléctrica del municipio, se deberán gestionar cada uno de los permisos de uso de dicha infraestructura sin sobrepasar los topes tarifarios publicados en la resolución CRC 5890 de 2020.

#### 5.4 COMPONENTES DE LA RED

Para brindar solución a los requerimientos de diseños se evaluará la solución que brinda la compañía C-Data Tech para equipos activos, y para efectos de infraestructura se trabajará con materiales que den cumplimiento al estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 para el cableado de fibra. Demás componentes se mostrará una oferta de las disponibles en el mercado.

##### 5.4.1. COMPONENTES PASIVOS.

Para la construcción de nuestra red de fibra óptica haremos uso de los siguientes materiales pasivos que cuentan con características alto rendimiento y de larga duración, tal y como describe para cada una de ellas en la siguiente tabla.

**Tabla 6.**

*Listado de componentes pasivos de la red.*

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Fibra Optica ADSS SPAN 100-120 12C	Fiberhome	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fibra Óptica ADSS G.652D</li> <li>Monomodo Loose Tube</li> <li>-Cubierta Exterior: HDPE</li> <li>(Polietileno de Alta Densidad)</li> <li>-Máxima tensión: 1800 N</li> <li>-Anti-tracking (hasta 110kV)</li> <li>-Temperatura de operación: -20°C</li> <li>~ +65°C</li> <li>-Span (Distancia entre Postes): 100 metros</li> <li>-Protección contra rayos UV y humedad</li> <li>- Diámetro nominal (D): <math>10.1 \pm 0.5</math> mm</li> <li>-Radio mínimo de curvatura: Instalación 25D, Operación 12.5D</li> <li>-Resistencia al aplastamiento: 1000N/10cm</li> <li>-Peso nominal (kg/km): <math>78 \pm 15</math> kg</li> </ul>	4000 metros	Troncal principal

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Fibra Optica ADSS SPAN 100-120 24C	Fiberhome	<ul style="list-style-type: none"> <li>-12 hilos</li> <li>-Forro Negro</li> <li>-Peso bruto del carrete: 438 kg</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fibra Óptica ADSS G.652D</li> <li>Monomodo Loose Tube</li> <li>-Cubierta Exterior: HDPE</li> <li>(Polietileno de Alta Densidad)</li> <li>-Máxima tensión: 1800 N</li> <li>-Anti-tracking (hasta 110kV)</li> <li>-Temperatura de operación: -20°C ~ +65°C</li> <li>-Span (Distancia entre Postes): 100 metros</li> <li>-Protección contra rayos UV y humedad</li> <li>-Diámetro nominal (D): <math>10.1 \pm 0.5</math> mm</li> <li>-Radio mínimo de curvatura: Instalación 25D, Operación 12.5D</li> <li>-Resistencia al aplastamiento: 1000N/10cm</li> <li>-Peso nominal (kg/km): <math>78 \pm 15</math> kg</li> <li>-24 hilos</li> <li>-Forro Negro</li> <li>-Precio por carrete de 4 km</li> <li>-Dimensiones del carrete (mm): 1300 x 1300 x 750</li> <li>-Peso Bruto del carrete: 438 kg</li> </ul>	4000 metros	Troncal principal
Fibra Óptica Figure 8 SPAN 80 6C	Fiberhome	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fibra Óptica Mini ADSS G.652D</li> <li>Monomodo Loose Tube</li> <li>-Cubierta Exterior: MDPE</li> <li>(Polietileno de Media Densidad)</li> <li>-Máxima tensión en operación: 800N</li> <li>-Máxima tensión en instalación: 1250N</li> <li>-Temperatura de operación: -20°C ~ +65°C</li> <li>-Span (Distancia entre Postes): 80 metros</li> <li>-Protección contra rayos UV y humedad</li> </ul>	1000 metros	Troncal secundaria

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Fibra Óptica Drop 6C	Fiberhome	<p>-Diámetro nominal (D): <math>6.6 \pm 0.3</math> mm</p> <p>-Radio mínimo de curvatura: Instalación 20D, Operación 10D</p> <p>-Resistencia al aplastamiento: 1000N/10cm</p> <p>-Peso nominal (kg/km): <math>50 \pm 10</math> kg/km</p> <p>-6 hilos - Forro Negro</p>		
Fibra Óptica Drop 4C	Fiberhome	<p>Short-term Tensile Load - 300N</p> <p>Long-term Tensile Load - 150N</p> <p>Short-term Crush Load - 1000 N/100mm</p> <p>Long-term Crush Load - 300N/100mm</p> <p>Minimum Static Bend Radius - 15mm</p> <p>Minimum Dynamic Bend Radius - 30mm</p> <p>Operation Temperature - 40°C~+60°C</p> <p>Atenuación - 1310nm 0.35dB/km 1550nm 0.22dB/km</p> <p>- Tensile Load -600N</p> <p>-Crush 1000N/10cm<sup>3</sup></p> <p>-Temperatura -20~+60°C4</p> <p>Atenuación: 1310nm <math>\leq 0.340</math>dB/km@ 1383 nm <math>\leq 0.340</math>dB/km@ 1550nm <math>\leq 0.200</math>dB/km@ 1625nm <math>\leq 0.240</math>dB/km</p>	1000 metros	Troncal secundaria
Fibra Óptica Drop 1C	Fiberhome	<p>-Fibra Óptica Drop G.657A2 plana BIF (insensible a las curvaturas)</p> <p>-Forro: LSZH (Bajo Humo, Cero Halógenos)</p> <p>-Tensión Máxima: 80N</p> <p>-Aplicaciones: Interior/Exterior</p> <p>-Rango de Temperatura: -20°C a +60°C</p> <p>-Peso (kg/km): <math>12 \pm 3</math> kg/km</p> <p>-1 hilo (unifibra)</p> <p>-Diámetro: <math>2 \pm 0.3</math> mm (H) x <math>3 \pm 0.3</math> mm</p> <p>-Radio mínimo de curvatura: Instalación 30H, Operación 15H</p> <p>-Resistencia al aplastamiento: 1000N/10cm</p>	2000 metros	Instalación de abonados

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Roseta de 2 puertos	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones: 86 x 86 x 25 mm</li> <li>• Tipo de Adaptador: SC/APC</li> <li>• Instalación: Montaje en pared, para aplicaciones en interior</li> <li>• Diámetro máximo de cable: <math>\leq\Phi</math> 4mm (Cable tipo DROP)</li> <li>• Nivel de protección: IP30</li> <li>• Color: Blanco</li> </ul> <p>-Tipo de conector: SC/APC</p> <p>-Para fibra Tight Buffer (900<math>\mu</math>m) o fibra Drop</p> <p>-Reteterminable (hasta 3 veces)</p> <p>-Pérdida de inserción:</p> <p>-Máximo <math>\leq</math> 0.50 dB</p> <p>-Típico <math>\leq</math> 0.30 dB</p> <p>-Pérdida de retorno:</p> <p>-UPC <math>\leq</math> 50 dB</p> <p>-APC <math>\leq</math> 55 dB</p> <p>-Temperatura de operación: -40 a 70°C</p>	Unidad	Protección de empalme mecánico en interior
Conecotor Rápido SC/APC Mecánico	GLC	<p>Cable en Color Amarillo PVC y LSZH</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibra OS2 se ajusta a la Recomendación UIT-T G.652-G657A, TIA / EIA 492AAAB, IEC60793-2-10</li> <li>• Ensamble en fibra dúplex y simplex</li> <li>• Disponibles con conectores simplex</li> <li>• Fibra Monomodo 9/125 en chaqueta de diámetro de 3mm, 2mm</li> <li>• IL Max/Master (Acceptance) 0.15dB IEC 61300-3-4</li> <li>• Ave/Master 0.12dB IEC 61300-3-4</li> <li>• CABLE con Aramida soportando una tensión de hasta de 1000 (N). Operando en un rango de temperatura de -20 to 60 (°C) y especificaciones de fuego de IEC 60332-1</li> </ul>	10 unidades	Terminales ópticas para empalmes o aplicación final
PatchCord SC/APC	GLC	<p>Unidad x 5 metros</p>		Jumper / Empalme de abonado por su resistencia

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Adaptador SC/APC	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pérdida de inserción: Contra el adaptador de referencia = 0.2dB.</li> <li>-Pérdida de retorno: PC:45dB UPC: 55 dB APC: 65 dB</li> <li>- Durabilidad: 1000 veces</li> <li>-Vibración: 10~55 Hz (2hr) -0.2 dB</li> <li>-Impacto: 1.5mm drop, 8 times-0.2dB</li> <li>- Temperature cycle: -40°C~80°C, during 5 cycles - 0.2 dB</li> <li>-Temperatura de Operación: -20°C+70°C</li> </ul>	Unidad	Permitir la conexión entre dos conectores SC/APC
Caja NAP 2X16 + 1 splitter 1x16 conectores SC/APC	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tamaño (mm): 293 x 219 x 84</li> <li>-Splitter: 1x16 con conectores de salida SC/APC (incluido)</li> <li>-Incluye 16 acopladore SC/APC simplex monomodo</li> <li>-2 entradas para cable Ø 6-12mm</li> <li>-16 puertos para fibra drop</li> <li>-IP65-Material: PC + ABS</li> <li>-Temperatura de Operación: -40°C~+85°C</li> <li>-Instalación en poste o en pared</li> <li>-Aplicación: Interior o Exterior</li> </ul>	Unidad	Caja de acceso a clientes
Caja NAP con 16 Acopladores SC/APC para 24 empalmes FDP-420E	Fiberhome	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peso: 1.0~1.7kg</li> <li>-Dimensiones: 285 x 170 x 100mm</li> <li>-Máxima capacidad de empalmes: 24 Fibras</li> <li>-Cantidad de Splitter: 2 x 1:4, 2 x 1:8, 1 x 1:16 (<b>No incluidos</b>)</li> <li>-Color: Negro-Incluye 16 acopladore SC/APC simplex</li> <li>-Incluye 12 mangas de empalme</li> <li>-Temperatura de operación: -40 ~+65°C</li> <li>-Humedad Relativa: 95% (+40°C)</li> <li>-Presión Atmosférica: 70kpa ~ 106 kpa</li> </ul>	Unidad	Caja de acceso a clientes y bandeja para empalmes de fusión
Cierre de empalme 24 fibras ref: GLC-GP-49E	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño compacto.</li> <li>• Tres puertos de acceso (18mm) y oval para sangría.</li> <li>• Su tamaño permite el montaje en pequeños pedestales.</li> </ul>	Unidad	Caja de conexiones

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Cierre de empalme 48 fibras ref: GLC- GP45-48	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con un amigable organizador interno para el manejo y acomodo de las fibras ópticas.</li> <li>• Línea completa de accesorios para montaje.</li> </ul> <p>-Construido de Polipropileno de alta calidad para una alta resistencia</p> <p>-IP68-Flexibilidad de instalación: puede instalarse en pared o en registro subterráneo</p> <p>-Fácil accesibilidad</p> <p>-4 charolas de 12 empalmes (48 en total)</p> <p>-3 entradas para cable de distribución</p> <p>-16 salidas para cable drop</p> <p>-Incluye 16 acopladadores SC/APC</p>	Unidad	Caja de conexiones
Cierre de empalme 144 fibras ref: GLC GP45-144	GLC	<p>IP IP68 • Resistente a los rayos UV</p> <p>Sí • Material PP+FG • Diámetros</p> <p>entrada de cable : 2cm • Diámetros</p> <p>entrada de oval : 6cm • Número</p> <p>máximo de cassette: 6 de hasta 24</p> <p>fibras • Material de sellado: 'O- ring' (anillo mecánico) •</p> <p>Temperatura operacional - 40°C~+60°C • Dimensiones 530mm×160mm • Peso 3.8~4.3kg</p>	Unidad	Caja de conexiones
Remate preformado en acero galvanizado	Linkedpro	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acero galvanizado en caliente</li> <li>-Dimensiones: 18.5 x 82 mm</li> <li>-Compatibile con los Remates DELT-001, DELT-002, DELT-003, DELT-005.</li> </ul>	Unidad	Soporte de tensión de fibra ADSS
Remate Preformado para Fibra Óptica Mini Figura 8	Preforme Line Products	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tensión de aplicación: 1746 kg (Maximo)</li> <li>-Marca de color Negro</li> <li>-Longitud Total: 127 mm (5")</li> <li>-Para cable de fibra óptica con mensajero de acero: Ø 1.6 mm</li> <li>-Pierna Dispareja para facilitar su instalación</li> <li>-Especialmente diseñado para instalación de cable óptico dieléctrico sin dañar el forro</li> <li>-Proporciona un agarre uniforme a lo largo del remate que no daña la fibra óptica</li> </ul>	Unidad	Soporte de tensión de fibra ADSS
Hebillas en Acero inoxidable 3/4"	Linkedpro	-Material: Acero Inoxidable 304	100 unidades	Cierre y tensionador de fleje en posta

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
		<p>-3/4'</p> <p>-100 piezas</p>		
Guardacabo	Linkedpro	<p>Acero galvanizado en caliente</p> <p>-Dimensiones: 18.5 x 82 mm</p> <p>-Compatible con los Remates DELT-001, DELT-002, DELT-003, DELT-005.</p>	Unidad	Protección de remate preformado
Herraje tipo D	Linkedpro	<p>-Tensión Máxima: 20kN</p> <p>-Peso: 0.18kg</p> <p>-Material: Acero galvanizado en caliente</p> <p>-Vida útil: ≥20 años</p> <p>-Garantía: 1 año</p> <p>-Span máximo: 200 metros</p>	Unidad	Soporte de remates vía guardacabo
Fleje de acero inoxidable	Linkedpro	<p>-Material: Acero Inoxidable 304</p> <p>-Dispensador de Plástico</p> <p>-Largo: 30.5 metros (100ft)</p> <p>-Ancho: 3/4"</p> <p>-Grosor: 0.70 mm</p> <p>-Peso: 3.27 Kg/Roll</p>	Rollo x 30.4 metros	Sujetador de herrajes en poste
Par de Raquetas Fibra óptica ADSS	Linkedpro	<p>-Totalmente dieléctricas para incorporar abrazaderas termoplásticas reforzadas</p> <p>-Utiliza soportes de montaje de "conexión directa" autoalineables</p> <p>-Se pueden utilizar con postes de madera, acero u hormigón.</p> <p>-El patrón de almacenamiento Figura 8 evita que se tuerza el forro de la fibra cuando se recupera el cable almacenado para su uso</p>	Unidad	Almacenamiento de fibra óptica
Herraje suspensión tipo J	Linkedpro	<p>-Span máximo: 100 metros</p> <p>-Para cables de fibra óptica ADSS con diámetros: 10-15 mm</p> <p>-Gancho fabricado en acero por inmersión en caliente</p> <p>-Retención fabricada de neopreno de alta elasticidad</p> <p>-Tensión Máxima: 5000 N</p> <p>-Peso: 0.8 kg</p>	Unidad	Soporte de suspensión de fibra ADSS

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
Tensor para fibra plana DROP	Linkedpro	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Máxima Tensión: 500N</li> <li>-Peso: 40g</li> <li>-Material: Plástico ABS + Acero Inoxidable 201</li> <li>-Buen resistencia contra la corrosión</li> <li>-Alta resistencia a la tensión</li> <li>-Resistencia a la abrasión y al desgaste</li> <li>-Fácil instalación</li> <li>-Hecho de Termoplástico resistente a los rayos UV</li> </ul>	Unidad	Soporte de tensión fibra drop
Herraje de suspensión tangente mensajero de acero	Linkedpro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena fijación en postes (madera, concreto).</li> <li>- Alta resistencia mecánica.</li> <li>- Tornillos de 3/8" y tuercas hexagonales de 3/8".</li> <li>- Alcance de diseño de hasta 100 metros.</li> <li>- Buena resistencia a la corrosión.</li> <li>- Diseñado para fleje con medidas comerciales (3/4 pulgada, 5/8 pulgada, 1/2 pulgada)</li> </ul>	Unidad	Soporte de suspensión de fibra figura 8
ODF de 48 conexiones ref: GLC-BANDFO-SCAPC-003	GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto de alta calidad .</li> <li>- Código de 12 colores.</li> <li>- Bandeja de empalme para reserva y fusión de la fibra</li> <li>- Acceso fácil para instalación, servicios y reparación.</li> <li>- Fabricadas en chapa de acero D.D. Esp. 1.25 mm.</li> <li>- Soportes laterales reforzados con sujeción delantera.</li> <li>- Soporta hasta 96 puertos LC o 48 SC.</li> </ul>	Unidad	Bandeja organizadora de cables de fibra
Gabinete de Piso 38U	QUEST	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ANCHO EXTERNO : 610 mm ( 24" )</li> <li>- FONDO EXTERNO : 1,066 mm ( 42" )</li> <li>-FORMATO PARALES : 19" EIA /ECA-310E</li> <li>-MÁXIMA DISTANCIA PARAL A PARAL: 925 mm ( 36,4" )</li> <li>-CAPACIDAD DE CARGA: 952 Kg ( 2,100 Lb )</li> </ul>	Unidad	Gabinete para instalación de equipos activos de comunicación

Nota: Elaboracion propia

#### 5.4.2. COMPONENTES ACTIVOS.

A continuación describiremos los componentes activos necesarios para la implementación de nuestra red de fibra óptica.

**Tabla 7.**

listado componentes de red

ITEM	MARCA	ESPECIFICACIONES	PRESENTACIÓN	APLICACIÓN
OLT C- DATA FD1616S- BO-NDAO GPON de 16 puertos PON	C-DATA	La C-DATA FD1616S-BO-NDAO es una OLT de red óptica pasiva (PON) de bajo coste con la que podrá implementar una red de hasta 2048 abonados. La OLT tiene 4 puertos UPLINK de 1G y tiene un puerto UPLINK de 10G, que puede conectar el servicio de Internet para sus clientes. La OLT también tiene 16 puertos PON, cada puerto puede conectar 128 abonados.	Unidad	Instalación en gabinete, Encargada de transmitir las señales a través de la red PON
Modulo UFiber GPON B+ SFP	Ubiquiti	Módulo GPON monomodo dedicado a los terminales Ubiquiti OLT. El módulo óptico SFP GPON transmite datos mediante fibras monomodo a una distancia de hasta 20 km. Las longitudes de onda son de 1310 nm y 1490 nm. Los módulos SFP UF-GP-B+ están equipados con conectores SC/UPC. Los datos se envían a 1,25 Gb/s y se descargan a 2,5 Gb/s.	Unidad	Instalación en puerto OLT. Proporciona la potencia óptica que será repartida en la red
ONU/ONT C-DATA XPON WIFI4	C-DATA	El C-DATA FD512XW-X-R361 XPON ONU/ONT es la elección perfecta para su red FTTH o FTTX. Tiene una ganancia de 5dBi que garantiza un rendimiento superior. También tiene dos puertos Ethernet que le permiten conectar varios dispositivos. El FD512XW-X-R361 es compatible con OLT EPON y GPON, por lo que puede utilizarlo con cualquier hardware existente. -Arquitectura: MIPSBE -CPU: QCA9533 -CPU core count: 1 -CPU nominal frequency: 80MHz -Switch chip model : QCA9533 -Dimensiones: 113 x 89 x 28 mm- 129 gr -RouterOS license: 4 -Sistema operativo: RouterOS -Memoria RAM: 64MB -Tamaño de Almacenamiento: 16MB -Tipo de memoria: FLASH -Temperaturas límites: -40°C a 70°C. -Máximo consumo: 2W	Unidad	Punto final de la red. Convierte señales ópticas en eléctricas
RouterBoard hEX lite	MicroTik	TEG1005D es un comutador Ethernet que cuenta con 5 puertos. Este dispositivo tiene unas dimensiones de 100.0mm x 64.0mm x 23.0mm y una capacidad de conmutación de 1Gbps. Dispone de 5 puertos Ethernet 10/100/1000 Base-T (Auto MDI / MDIX).	Unidad	Gestión de la red.
Switch 8 puertos Gigabit	Tenda		Unidad	Distribución de datos

Nota: Elaboracion propia

## 6. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

La fase inicial de este proyecto incluye una sección al análisis de los requisitos técnicos y legales aplicables al desarrollo de un proyecto de fibra óptica para el hogar haciendo uso del tendido de postas existentes. A continuación, se realiza una comparativa entre el estándar PON y dos estándares PON de última generación. Una vez finalizado, se realizará el cálculo presupuestario óptico correspondiente para garantizar el correcto funcionamiento de la red proyectada.

### 6.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 6.1.1. COSTOS DE EQUIPOS Y MATERIALES

Para determinar el monto de la inversión que se necesitará en la implementación de este proyecto se utiliza el costo de los equipos y materiales de acuerdo con los precios que manejan los proveedores. La tabla 8, muestra los costos de los equipos y materiales obtenidos en base al diseño de la red FTTH.

**Tabla 8.**

*Costos de equipos y materiales*

ITEM	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
FIBRA ÓPTICA 24 HILOS ADSS (m)	4000	\$ 2.191	\$ 8.764.590
FIBRA ÓPTICA 6 HILOS (m)	4000	\$ 2.766	\$ 11.064.590
MANGAS TIPO DOMO CON BANDEJA	11	\$ 310.009	\$ 3.410.099
SPLITTER ÓPTICO 1X4	13	\$ 38.000	\$ 494.000
SPLITTER ÓPTICO 1X16	53	\$ 75.500	\$ 4.001.500
CAJAS DE DISTRIBUCION ÓPTICA X36	2	\$ 65.900	\$ 131.800
MANGAS DE EMPALME	3	\$ 117.823	\$ 353.469
HERRAJES TIPO A	356	\$ 3.700	\$ 1.317.200
PREFORMADOS PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS	714	\$ 17.564	\$ 12.540.696
PINZA TENSOR	960	\$ 29.600	\$ 28.416.000
ETIQUETAS DE ACRILICO	1920	\$ 250	\$ 480.000
AMARRAS	3840	\$ 300	\$ 1.152.000
ODF 24 PUERTOS	1	\$ 300.000	\$ 300.000
SWICHT 24 PUERTOS	1	\$ 1.452.700	\$ 1.452.700
SFP NGPON2	4	\$ 109.321	\$ 437.284
OLT NGPON2 ALTICELABS SHELT + TARJETA NGPON2 ALTICELABS 8 PUERTOS	1	\$ 7.326.000	\$ 7.326.000

ITEM	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MIKROTIK 1036-8G-2S+	1	\$ 9.705.000	\$ 9.705.000
INVERSOR 1250 W	1	\$ 720.000	\$ 720.000
MIKROTIK NETMETAL	2	\$ 943.999	\$ 1.887.998
BATERIAS 12V	1	\$ 60.000	\$ 60.000
MIKROTIK NETMETAL	1	\$ 943.000	\$ 943.000
UBIQUITI RD 5G-30	1	\$ 837.000	\$ 837.000
MATERIALES ADICIONALES	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
TOTAL COSTOS DE EQUIPOS Y MATERIALES			\$ 97.794.926

Fuente: elaboración propia

#### 6.1.2. COSTOS POR ARRENDAMIENTO DE POSTES

En Colombia, al igual que en muchos otros países, los postes de las empresas eléctricas son utilizados como infraestructura de soporte para las redes físicas de telecomunicaciones. Esto permite a los operadores de telecomunicaciones desplegar sus redes de manera más rápida y económica, ya que no necesitan invertir en la construcción de su propia infraestructura de soporte.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) de Colombia ha establecido la Resolución 3046 de 2017, que fija las contraprestaciones que deben pagar los operadores de telecomunicaciones a las empresas propietarias de los postes por su uso.

El canon de arrendamiento anual por poste varía de acuerdo con la ubicación geográfica. Para el municipio de Garzón, Huila, el valor del canon de arrendamiento anual por poste para el año 2023 es de \$26.327 COP (aproximadamente 7.43 USD).

Cálculo del canon:

El canon se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula: Canon = Valor Base x Factor de Ubicación x Factor de Inflación

Entonces:

Valor Base: \$23.000 COP (valor establecido en la Resolución 3046 de 2017)

Factor de Ubicación: 1.14 para Garzón, Huila (valor obtenido de la tabla de factores de ubicación en la Resolución)

Factor de Inflación: 1.1429 (valor para el año 2023, según el IPC)

Canon = \$23.000 COP x 1.14 x 1.1429 = \$26.327 COP

Por consiguiente, en la tabla 9, muestra el valor a cancelar por el arrendamiento de los postes necesarios en este proyecto.

**Tabla 9.**

*Costos por arrendamiento de postes*

DETALLE	CANTIDAD DE POSTES	CANON DE ARRENDAMIENTO	VALOR TOTAL
Arrendamiento de postes			
Empresa Eléctrica Garzón Huila	837	26.327	22.035.699

Nota: Para obtener la cantidad de postes obtenidos en el proyecto se realizó el inventario de los postes por medio de la herramienta de GPS Google Maps de acuerdo a los tramos requeridos para el despliegue de la red. Este inventario de postas no incluye los postes requeridos para el cliente final, debido a que este pago se realizaría con la instalación del mismo.

Así las cosas, a continuación, en la tabla 10, se muestran los costos totales del proyecto para el municipio de Garzón, Huila:

**Tabla 10.**

*Presupuesto total del proyecto*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
Costos De Equipos Y Materiales	1	\$ 97.794.926	\$ 97.794.926
Mano de obra del contratista.	1	21.752.500	21.752.500
Gastos de transporte, movilización, combustible, otros.	1	3.000.000	3.000.000
Póliza de cumplimiento y de daño a terceros en uso de infraestructura eléctrica.	1	15.300.000	15.300.000
Equipos de medición, verificación y fusión.	1	13.653.000	13.653.000
Canon de arrendamiento	1	\$ 22.035.699	22.035.699
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>			<b>173.536.125</b>

Nota: elaboración propia

## **6.2. FASES DEL PROYECTO**

En esta sección se presentan las cinco fases llevadas a cabo en la ejecución del proyecto.

### **6.2.1. FASE 1- PREPARACIÓN**

Esta fase conlleva todas las consideraciones, investigaciones y adquisiciones que deben llevarse a cabo previo a la implementación del proyecto:

- Reunión de información y establecimiento de acuerdos por parte de la empresa con la entidad arrendataria de la Postería o infraestructura eléctrica del municipio de Garzón.
- Adquisición de materiales e importaciones necesarias.
- Coordinación con la empresa de logística para el proceso de legalización y transporte nacional desde el puerto hasta el destino.
- Contratación de personal de campo para la instalación y el despliegue completo de la red.

#### **6.2.2. FASE 2: VERIFICACIÓN DE CONDICIONES EN LA ZONA**

A partir de la información inicial recopilada, se realizaron visitas en sitio para determinar actividades y cronograma de estas, verificando que en cada zona se disponga de la infraestructura necesaria para poder desarrollar el despliegue de la red, además de la adecuación previa de los elementos de la misma:

- Curso de acceso a la infraestructura eléctrica para la implementación de la red de acuerdo con el diseño inicial.
  - 1.1.1. Marcado de cajas mufas en campo.
- Recorridos iniciales en el despliegue de troncales y sub troncales. Acompañamiento a la cuadrilla.
- Bitácoras de campo.
- Inventario de hilos con potencias e hilos disponibles.
- Solución de inconvenientes en campo.
- Verificación de estado de los postes.

#### **6.2.3. FASE 3: INSTALACIÓN**

En esta etapa se da inicio al trabajo de colocación de medios físicos, adecuación de infraestructura lógica, tendido de líneas y verificación de estas

- Acondicionamiento de central o nodo principal.
- Instalación de rack, rejiband, bancos de baterías, servidores de distribución de Internet y puesta a tierra inversor eléctrico AD/DC.
- Ruteo de mikrotik con VLAN y uplink de OLT. • Configuración de rutas y VLAN de administración de la OLT.

- Realizar empalmado de ODF y configuración de OLT en Capa 3 administrable desde nube.
- Envío de potencias, verificación de cajas y configuraciones parciales de ONT para verificar salida a Internet desde el cliente hacia Internet.

#### **6.2.4. FASE 4- TEST**

En esta etapa se realizarán las siguientes actividades:

- Medición de Potencias:

Realización de la medición de potencias en el sistema, involucrando la evaluación precisa de la energía óptica transmitida y recibida. Utilizando equipos de medición especializados, se cuantifican las señales de potencia óptica en diferentes puntos del sistema, asegurando niveles óptimos para un funcionamiento eficiente.

- Ajustes de Potencias:

Implementación de ajustes en las potencias ópticas, basados en los resultados obtenidos durante la medición. Se realizan modificaciones necesarias en los dispositivos, como amplificadores o atenuadores, para garantizar un equilibrio adecuado y mantener las potencias dentro de los rangos recomendados.

- Medición por OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo):

Utilización del OTDR para llevar a cabo mediciones precisas de la pérdida de señal y la reflectividad en la fibra óptica. Este instrumento proporciona una representación gráfica detallada de la distribución de las características de la fibra, identificando posibles eventos como empalmes, fusiones o daños, facilitando la localización y resolución de problemas.

- Verificación de Puertos PON:

Inspección y verificación minuciosa de los puertos PON (Passive Optical Network) para asegurar su correcto funcionamiento. Se evalúan la conectividad y las condiciones físicas de los puertos, garantizando que estén libres de obstrucciones o daños que puedan afectar la transmisión

óptica. Además, se verifica la configuración y asignación adecuada de los puertos para cumplir con los requisitos del sistema

#### **6.2.5. FASE 5: OPERACIÓN**

Esta última etapa corresponde a la zonificación final, migración de líneas de abonado final, captura de clientes nuevos y suministro de planes de datos acorde a la exigencia del mercado.

- Descargar un reporte de clientes en la base de datos de la empresa para realización de cronograma.
- Planeación de migración y verificación de clientes críticos hogares y empresariales.
- Priorización y organización de labores.

## 7. CONCLUSIONES

Se verificó la viabilidad técnica y de diseño de una red FTTH utilizando la tecnología GPON en el área urbana del municipio de Garzón, Huila. Se puede afirmar que este tipo de infraestructura es una de las opciones más eficientes para las redes de acceso, en el caso específico estudiado. La congestión persistente en las redes existentes es abordada de manera efectiva por la implementación de esta red de alto tráfico, y presenta una solución a largo plazo basada en la misma topología. Debido a las capacidades de ancho de banda de las fibras ópticas, esta red no solo soluciona los problemas actuales, sino que también ofrece la capacidad de brindar nuevos servicios a los usuarios a través de plataformas de streaming. Esto resulta en un servicio destacado por su escalabilidad, disponibilidad y cumplimiento de estándares de calidad.

Así mismo, El uso del protocolo FTTH y la tecnología GPON en la planificación de redes de acceso, respaldado por un estudio georreferencial, generó nuevas perspectivas innovadoras en el campo de las telecomunicaciones.

En ese sentido, la propuesta para lograr una conectividad del 100% en el área urbana y suburbana del municipio de Garzón, fundamentada en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial. La segmentación en 10 zonas facilita un diseño óptimo del tendido de la red, con proyecciones de puntos de acceso y cobertura poblacional. Esta decisión permite un enfoque detallado y escalonado, abordando las necesidades específicas de cada zona y garantizando una cobertura eficiente y equitativa.

## 8. RECOMENDACIONES

En el proceso de diseño e implementación, es necesario trazar la red en áreas donde haya existido o aún persista el cableado actual de fibra/cobre. Siguiendo los conductos y bucles actuales y manteniendo la topología aproximada de la instalación anterior, se facilita la atención de un área específica. Este enfoque facilita la utilización de la red troncal existente, lo que, en comparación con iniciar el cableado de la red desde cero, implica un ahorro significativo para el proyecto.

Al finalizar la implementación, es de vital importancia llevar a cabo un monitoreo continuo para identificar posibles fallas que puedan afectar el funcionamiento del sistema. Este enfoque también facilita la intervención oportuna en caso de que se detecten problemas en el sistema.

Finalmente, es crucial destacar que ninguna implementación es fácil, ya que la ejecución práctica de un proyecto difiere significativamente de su desarrollo teórico. En esta fase, surgen desafíos y la resolución de problemas se convierte en una parte fundamental. La eficacia y rapidez con la que se aborden los problemas dependerá en gran medida de la disponibilidad de información con respecto al proyecto.

## 9. REFERENCIAS

De los Reyes Gavilán, I. G. (s. f.). *Ignaciogavilan.com: Ignacio González de los Reyes-Gavilán*.

[http://mundoazul.ignaciogavilan.com/?pag=/microtutoriales/tec\\_pon.htm](http://mundoazul.ignaciogavilan.com/?pag=/microtutoriales/tec_pon.htm)

De Precisión, T. (2023, 11 septiembre). WDM: todo lo que necesita saber. *TO de precisión*.

<https://www.precisionot.com/es/wdm-everything-you-need-know/>

*DIVSOR ÓPTICO IXN DESEQUILIBRADO.* (2021). Furukawalam.

<https://www.furukawalam.com/es/versao-et-pdf/divsor-optico-1xn-desequilibrado>

Escallón, A. F., Ruiz, V. H., & López, J. G. (2020). Evaluación del desempeño físico de un sistema

FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF.

*Tecnológicas*, 23(47), 23-61. <https://doi.org/10.22430/22565337.1391>

Fibconet. (2023, 9 marzo). *The Ultimate Guide to FTTH*. Fibconet Comunicarse.

<https://fibconet.com/es/the-ultimate-guide-to-ftth/>

Gaona y Santillan, A (2013) Análisis de factibilidad del área técnica y diseño de una red FTTH

GPON en el Sector de Cumbayá. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.

Leandrogg. (2017, 5 noviembre). *Etiqueta: macrocurvaturas. EL CAJÓN DEL ELECTRÓNICO*.

<https://elcajondelectronico.com/tag/macrocurvaturas/>

Marchukov, Y. (2011). *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras*

FTTH [Trabajo de grado]. Universidad técnica de Valencia.

Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. (s. f.). *CORE Reader*.

<https://core.ac.uk/reader/234019830>

¿Qué es la topología de red? (s. f.). Quora. <https://es.quora.com/Qu%C3%A9-es-la-topolog%C3%A9tica-de-red>

Sheldon. (2021.). ¿Cuál es la diferencia entre fibra monomodo y multimodo? / Comunidad FS. Knowledge. <https://community.fs.com/es/article/single-mode-vs-multimode-fiber-whats-the-difference.html>

SILEX FIBER. (2023, 12 noviembre). *Cable Fibra Optica Autosportado Figura 8 tendido aereo*. Silexfiber - Especialistas En Fibra Óptica, FTTH, Broadcast & LAN. <https://silexfiber.com/producto/cable-fibra-optica-autosportado-figura-8-cod-sxw-09130101o/>

Syscom/epcom (2021). Código de Colores para Fibra Óptica. Link: <https://soporte.syscom.mx/es/articles/3453579-codigo-de-colores-para-fibra-opticasegun-la-norma-tia-598-c>. Consultado: marzo: 2024.

Silex Global Spain (2016) )Definición y Tabla del Grado de Protección (IP), acorde a DIN EN IEC 60529. Recueprado de: <https://silexst.com/wp-content/uploads/2016/07/Grados-de-proteccion-IPxx.pdf>. Consultado: marzo: 2024.

Silva, O., Campos, C., Castillo2, A., & Maestre, K. (2018). ANÁLISIS DE MODULACIÓN ÓPTICA EXTERNA EN DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES. *Revista Interdisciplinar de Estudios En Ciencias Básicas E Ingenierías*, 6(1).

Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla. (2019, 26 septiembre). PROMAX. <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>

ZMS Cable. (2023, 10 marzo). *Estructura de cable - Varias tipos de cable - ZMS CABLE*. ZMS

CABLE. <https://zmscable.es/estructura-de-cable/>