



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION**

**Trabajo Monográfico para optar al Título de**  
**Ingeniero en Electrónica**

**Tema:**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FÍSICA BASADA EN FIBRA ÓPTICA  
FTTH A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA GPON DESDE EL SECTOR DE SAN  
PATRICIO HASTA EL PLANETARIUM CARRETERA VIEJA LEÓN”**

**Autor (es)**

**Br. Freddy Antonio Quiñonez Martínez 2009-29868**

**Br. David Aquiles Cruz Jarquín 2010-33261**

**Br. Liz Amelia PARRALES Martínez 2007-15063**

**Tutor**

**Msc. Ing. Cedrick Dalla Torre.**

**Diciembre del 2023**

**MANAGUA, NICARAGUA**

## **Agradecimientos.**

Primeramente, le damos gracias a nuestro señor Jehová ya que toda la gloria es para él, sin el nada es posible, le damos gracias a la Universidad Nacional de Ingeniería que ha sido nuestro segundo hogar y a los maestros de la facultad por todos los conocimientos que hemos adquirido de ellos, a nuestro guía de tesis el Msc. Cedrick Dallas Torres por apoyarnos en nuestra culminación de estudio.

Le doy gracias a mis Padres Martha Martínez Altamirano y Javier Napoleón Paladino, que han sido piezas fundamentales en mi educación, que me han llevado a formarme profesionalmente, mi madre que ha sido el motor en mi vida y me ha llevado a lo que soy hoy en día, quiero agradecer también a Karina Coy Hernández por ser una chica fundamental en mi vida me ha motivado muchísimo en estos años y estoy muy feliz y agradecido por tenerla a mi lado, me ha acompañado en momentos difíciles y me ha impulsado a ser un gran profesional y terminar esta culminación de estudio, de igual manera le dedico esta tesis a mis hermanos Juan Quiñonez, Jahoska Quiñonez y Eliezer Quiñonez que han estado siempre para motivarme cada día en mi vida. (Freddy Quiñonez)

Le doy gracias a mi padre Aquiles Cruz, por ser mi ejemplo y modelo a seguir como hombre, siempre estar apoyándome en mis tomas de decisiones, por ser mi consejero y confidente, le doy gracias a mi esposa María Esther Barrios Triguero, con ella he conocido la dicha de ser padre, es la persona en la cual puedo confiar

incondicionalmente y siempre estar ahí para mi cuando la necesito, en los momentos más difíciles que he tenido ella siempre está alentándome a seguir adelante, también le dedico este trabajo a aquellos amigos que estuvieron presente en todo este trayecto y ahora se encuentra fuera siguiendo sus sueños para alcanzar su metas, espero que tengan éxito, también a mis hijos José David Cruz Barrios y Mateo Eduardo Cruz Barrios. (David Cruz Jarquin)

Doy Gracias a mi madre María Eugenia Martínez y a mi hermano Aldair Parrales por darme fuerzas para seguir adelante, sus consejos y su apoyo, a la profesora Virginia Moncada, al profesor Fernando Flores, al profesor Toribio por sus consejos y brindarme sus conocimientos, a mis amigos por confiar en mí, en especial a Jonny Portocarrero Morales por motivarme cada día a ser una mejor versión de mí y por estar siempre con un consejo y una palabra de aliento y por ultimo y con mucho cariño para Sandrita por su disposición y su ayuda para con nosotros siempre (Liz Amelia Parrales)

## **Resumen.**

Por medio de empresa REDETEL, que es una contrata de una empresa de telecomunicaciones, realizamos el proyecto para el sector de San Patricio hasta el Planetarium carretera vieja León en Managua, de una red física basada en Fibra Óptica FTTH a través tecnología GPON.

En nuestra tesis de culminación de estudio, será de un total de cinco capítulos; donde en el capítulo 1, abordaremos los conceptos básicos de redes de telecomunicación, fibra óptica, arquitectura XPON, redes GPON y funcionamientos, con el objetivo de aprenderlos para la manipulación e instalación de cada uno de los componentes que se utilizaran en la red.

El capítulo 2, se trabajará lo que es el estudio de mercado para conocer la viabilidad del proyecto y la aceptación que tendrá en el mercado por medio de encuestas que serán aplicadas a una cantidad de población determinada, en los sectores delimitados, en estas encuestas trataremos de conocer los aspectos que nos interesan de los posibles clientes finales.

El capítulo tres y cuatro, serán de diseño de la red por medio de AutoCAD donde se diseñará cada punto de instalación de todos los componentes pasivos que llevará el proyecto, el cuarto capítulo, será específico de cada uno de los costes por cada componente que lleva la red FTTH de acuerdo a su diseño y también demostraremos la factibilidad del proyecto de acuerdo a su inversión y rentabilidad con diferentes escenarios.

En el capítulo final abordaremos la implementación de la red física de fibra óptica FTTH entregada al cliente.

## Abstract

Through the company REDETEL, which is a contract of a telecommunications company, we carried out the project for the sector from San Patricio to the Planetarium Carretera vieja León in Managua, of a physical network based on FTTH Fiber Optic through GPON technology.

In our culminating thesis of study, it will be a total of five chapters; where in chapter 1, we will address the basic concepts of telecommunications networks, fiber optics, XPON architecture, GPON networks and operations, with the aim of learning them for the manipulation and installation of each of the components that will be used in the network.

Chapter 2 will work on what the market study is to know the viability of the project and the acceptance it will have in the market through surveys that will be applied to a certain amount of population, in the delimited sectors. In these surveys we will deal with to know the aspects that interest us about potential end clients.

Chapter three and four will be the design of the network through AutoCAD where each installation point of all the passive components that the project will carry will be designed, the fourth chapter will be specific to each of the costs for each component that it carries. the FTTH network according to its design and we will also demonstrate the feasibility of the project according to its investment and profitability with different scenarios.

In the final chapter we will address the implementation of the physical FTTH fiber optic network delivered to the client

## Contenido

|          |                                     |    |
|----------|-------------------------------------|----|
| I.       | Introducción .....                  | 1  |
| II.      | Objetivos.....                      | 3  |
| 2.1.     | Objetivo General .....              | 3  |
| 2.2.     | Objetivos Específicos .....         | 3  |
| III.     | Justificación.....                  | 4  |
| IV.      | Capítulo 1.....                     | 5  |
| 4.1.     | Redes de Telecomunicación.....      | 5  |
| 4.2.     | Fibra Óptica.....                   | 7  |
| 4.2.1.   | Ley de Snell .....                  | 9  |
| 4.2.2.   | Tipos de Fibra.....                 | 12 |
| 4.3.     | Arquitectura XPON.....              | 15 |
| 4.4.     | Red GPON .....                      | 16 |
| 4.4.1.   | Introducción a la Red GPON.....     | 18 |
| 4.4.2.   | Componentes de una Red GPON.....    | 19 |
| 4.4.3.   | Características de la Red GPON..... | 25 |
| 4.5.     | Estandarización.....                | 25 |
| 4.6.     | Arquitectura de la Red GPON .....   | 26 |
| 4.6.1.   | Funcionamiento. [19].....           | 28 |
| 4.7.     | FTTH .....                          | 30 |
| 4.7.1.   | Funcionamiento .....                | 30 |
| 4.7.2.   | FTTH Frente a FTTN, FTTC y Más..... | 31 |
| 4.7.3.   | Versiones de FTTx: [22].....        | 33 |
| V.       | Capítulo 2.....                     | 34 |
| 5.1.     | Estudio de Mercado.....             | 34 |
| 5.1.1.   | Definición.....                     | 34 |
| 5.1.2.   | Segmentación del Mercado .....      | 35 |
| 5.1.3.   | Segmentos del Mercado: .....        | 35 |
| 5.1.4.   | Delimitación Geográfica.....        | 36 |
| 5.1.5.   | Aplicación del Estudio.....         | 37 |
| 5.1.5.1. | Espacio Muestral.....               | 37 |
| 5.1.6.   | Análisis de Demanda.....            | 38 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| VI.    | Capítulo 3.   | 43 |
| 6.1.   | Diseño de la Red  | 43 |
| 6.1.1. | Diseño de Redes: Nivel 3                                    | 43 |
| 6.1.2. | Topologías  | 43 |
| 6.1.3. | Centralizadas   | 43 |
| 6.1.4. | Convergencia Local  | 45 |
| 6.1.5. | Distribuida   | 46 |
| 6.1.6. | Aplicaciones Para el Diseño.                                | 47 |
| 6.1.7. | Ubicación de la Infraestructura de la Red.                  | 48 |
| 6.1.8. | Construcción del Diseño en la Aplicación.                   | 50 |
| VII.   | Capítulo 4.   | 56 |
| 7.1.   | Requerimiento Económico.                                    | 56 |
| 7.2.   | Definición de Inversión.                                    | 56 |
| 7.2.1. | Tipos de Inversión.   | 56 |
| 7.3.   | Estimación de Costo.  | 58 |
| 7.4.   | Viabilidad del Proyecto.                                    | 62 |
| 7.5.   | Equipos de Seguridad y factores de Riesgo.                  | 62 |
| 7.5.1. | Factores de Riesgo Humano                                   | 62 |
| 7.5.2. | Factores de Riesgo en la Red                                | 63 |
| 7.6.   | Factibilidad del Proyecto.                                  | 63 |
| VIII.  | Capítulo 5.   | 68 |
| 8.1.   | Construcción del Diseño de la Red                           | 68 |
| 8.1.1. | Traslado de Materiales.                                     | 69 |
| 8.1.2. | Instalación de Materiales de Acuerdo con el plano diseñado. | 70 |
| 8.2.   | Pruebas de Error.   | 83 |
| 8.3.   | Entrega de la Red al Cliente.                               | 86 |
| 8.4.   | Conclusiones.   | 89 |
| 8.5.   | Recomendaciones.  | 90 |
| 8.6.   | Referencias.  | 91 |
| 8.7.   | Anexos  | 95 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Hilos de Fibra Óptica. ....                                    | 7  |
| Figura 2: Incidencia de una Onda [6]. ....                               | 9  |
| Figura 3: Ley de Snell [6]. ....   | 9  |
| Figura 4: Elementos de Refracción [6]. ....                              | 9  |
| Figura 5: Partes de la Fibra Óptica. [8]. ....                           | 10 |
| Figura 6: Fibra monomodo [10][21] ....                                   | 12 |
| Figura 7: Fibra Multimodo [26] [11]. ....                                | 13 |
| Figura 8: Fibra MM índice escalonado. [11]. ....                         | 14 |
| Figura 9: Fibra MM Índice Gradual. [11]. ....                            | 15 |
| Figura 10: Red PON. [13] ....  | 16 |
| Figura 11: OLTS [16]. ....   | 20 |
| Figura 12: ODF [16]. ....  | 20 |
| Figura 13: Splitter [16] ....  | 21 |
| Figura 14: Perdidas(db) en el Splitter. [16] ....                        | 21 |
| Figura 15: Splitters. [16] ....  | 22 |
| Figura 16: Caja de Empalme (Mini Hubs). [16]. ....                       | 23 |
| Figura 17: Roseta o mini ODF. [16] ....                                  | 23 |
| Figura 18: ONT. [16]. ....   | 24 |
| Figura 19: MDU. [16]. ....   | 25 |
| Figura 20: Características GPON. ....                                    | 25 |
| Figura 21: Normas ITU. [18] [19]. ....                                   | 26 |
| Figura 22: Diseño Red GPON. [19]. ....                                   | 27 |
| Figura 23: Etapas de Funcionamiento. [19]. ....                          | 28 |
| Figura 24: Área delimitada del proyecto. ....                            | 36 |
| Figura 25: Encuesta. ....  | 37 |
| Figura 26: Calculadora de espacio Muestral. ....                         | 38 |
| Figura 27: Grafica de posible contracción del servicio. ....             | 41 |
| Figura 28: Grafica de aceptación de acuerdo a los planes. ....           | 42 |
| Figura 29: Grafica de posibles clientes por planes. ....                 | 42 |
| Figura 30: Red Centralizada. [19]. ....                                  | 44 |
| Figura 31: Convergencia Local. ....                                      | 45 |
| Figura 32: Red Distribuida. ....   | 46 |
| Figura 33: Ubicación de puntos de la red en AutoCAD ....                 | 50 |
| Figura 34: Ubicación de los Mini Hub en AutoCAD. ....                    | 51 |
| Figura 35: Ubicación de los NAPS en AutoCAD. ....                        | 52 |
| Figura 36: Diseño de la red GPON AutoCAD. ....                           | 52 |
| Figura 37: Diseño de la red GPON AutoCAD. ....                           | 53 |
| Figura 38: Diseño de la red GPON AutoCAD (Residencial Cedro Galán). .... | 53 |
| Figura 39: Diseño de la red GPON AutoCAD (Cumbres Cedro Galán). ....     | 54 |
| Figura 40: Diseño de la red GPON AutoCAD (Planetarium). ....             | 54 |
| Figura 41: Diseño de la red GPON AutoCAD (Chiquilistagua). ....          | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 42: Detalle de pago de préstamo en plazo ..... | 57 |
| Figura 43: Traslado de Materiales .....               | 70 |
| Figura 44: Traslado de Materiales .....               | 70 |
| Figura 45: Instalacion de postes.....                 | 71 |
| Figura 46: Instalación de poste.....                  | 72 |
| Figura 47: Poste con su vestidura. ....               | 72 |
| Figura 48: Instalación de fibra. ....                 | 74 |
| Figura 49: Instalación de fibra. ....                 | 75 |
| Figura 50: Instalación de ODF.....                    | 76 |
| Figura 51: Preparación de Mini-Hub.....               | 77 |
| Figura 52: Preparación de Mini Hub. ....              | 77 |
| Figura 53: Mini Hub instalado. ....                   | 78 |
| Figura 54: Mini Hub con reserva de fibra.....         | 78 |
| Figura 55: Instalación de NAPS.....                   | 79 |
| Figura 56: Cable ODN. ....                            | 80 |
| Figura 57: Cable ODN. ....                            | 81 |
| Figura 58: NAP de 10 puertos. ....                    | 82 |
| Figura 59: NAP de finalización de 9 puertos. ....     | 82 |
| Figura 60: Mediciones OTDR. ....                      | 83 |
| Figura 61:Tabla de Eventos.....                       | 84 |
| Figura 62: Equipo OTDR. ....                          | 85 |
| Figura 63: Equipo Power Meter. ....                   | 86 |
| Figura 64:Diagrama de bloque de Mini Hubs. ....       | 87 |
| Figura 65: Mediciones de Potencia de NAPS.....        | 88 |
| Figura 66: Anexos KMZ de ubicación de Mini Hubs. .... | 95 |
| Figura 67: Encuestas.....                             | 95 |

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Medios guiados [4] .....                       | 7  |
| Tabla 2: Ventajas y Desventajas de FO [9]. .....        | 11 |
| Tabla 3: Versiones FTTx [22] .....                      | 33 |
| Tabla 4: Servicio de TV cable e internet .....          | 39 |
| Tabla 5: Tipos de medios .....                          | 40 |
| Tabla 6: Contratación de posibles clientes .....        | 40 |
| Tabla 7: Tipos de Planes por Clientes.....              | 41 |
| Tabla 8: Ventajas y Desventajas. [19] .....             | 44 |
| Tabla 9: Convergencia Local.....                        | 45 |
| Tabla 10: Red distribuida.....                          | 46 |
| Tabla 11: Ubicación de NAP Coordenadas XY .....         | 49 |
| Tabla 12: Ubicación de NAP Coordenadas XY .....         | 49 |
| Tabla 13: Ubicación de NAP Coordenadas XY .....         | 49 |
| Tabla 14: Distribución de NAPS. ....                    | 55 |
| Tabla 15: Detalles de Préstamo personal.....            | 57 |
| Tabla 16: Detalles de costo de postes.....              | 58 |
| Tabla 17: Coste de elementos pasivos.....               | 58 |
| Tabla 18: Coste de Herrajes.....                        | 59 |
| Tabla 19: Coste en Materiales Retenidas.....            | 60 |
| Tabla 20: Coste de Fibra Óptica tramo de 48 hilos. .... | 60 |
| Tabla 21: Coste de Fibra Óptica tramo de 8 hilos. ....  | 61 |
| Tabla 22: Coste de Cable Drops. ....                    | 61 |
| Tabla 23: Gasto del proyecto.....                       | 62 |
| Tabla 26: Proyección Escenario al 65% .....             | 63 |
| Tabla 27: Flujo de caja al 65% .....                    | 64 |
| Tabla 28: Proyección Escenario al 75% .....             | 65 |
| Tabla 29: Flujo de caja al 75%. ....                    | 66 |
| Tabla 30: Items Coste. ....                             | 68 |

## Glosario de Acrónimos

|              |   |
|--------------|---|
| ADSL         | Línea Asimétrica de Abonado Digital   |
| AES(CIFRADO) | Advanced Encryption Standard  |
| APON         | Atm Passive Optical Network   |
| ARPANET      | Red precursora de la actual internet  |
| BPON         | Red Óptica Pasiva de Banda Ancha  |
| CPE          | Equipo Local del Cliente  |
| DB           | Decibelio   |
| FDT          | Fiber Distribution Terminal/Hub   |
| FTTB         | Fibra Hasta el Edificio   |
| FTTC         | Fibra Hasta la Acera  |
| FTTDP        | Fibra al punto de Distribución  |
| FTTH         | Fibra Hasta al Hogar  |
| FTTN         | Fiber Hasta el Nodo   |
| FTTO         | Fibra Hasta la Oficina  |
| FTTP         | Fibra hasta las Instalaciones   |
| FTTS         | Fibra Hasta la Calle  |
| FTTX         | Fiber to the “x”  |
| GPON         | Gigabit passive optical network   |
| GPS          | Sistema de Posicionamiento Global   |
| HFC          | Fibra hibrida coaxial   |
| IEEE         | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos                                 |
| IMS          | IP Multimedia Subsystem   |
| IP           | Protocolo de Internet   |
| IPTV         | Protocolo de Internet para Televisión   |
| ISP          | Proveedor de Servicios de Internet  |
| ITU          | Unión Internacional de Telecomunicaciones   |
| ITU-T        | International Telecommunication Union - Telecommunication, Standardization Sector |
| LAN          | Red de Área Local   |
| MDU          | Unidad Remota Multivivienda   |
| MPLS         | Multiprotocol Label Switching   |
| NAP          | Network Access Point  |
| NGA          | Acceso de Próxima Generación  |
| NGN          | Next Generation Network   |
| ODF          | Distribuidor de Fibra Óptica  |
| ODN          | Red de Distribucion Óptica  |
| OLT          | Optical Line Terminal   |
| ONT          | Terminales de Red Óptica  |
| ONU          | Unidades de Red Óptica  |
| OSB          | Optical Splitter Box  |
| PON          | Passive Optical Network   |

|       |  |
|-------|--|
| POS   | Componentes Ópticos Pasivos                          |
| TDMA  | Time-Division Múltiple Access                        |
| WDM   | Wavelength Division Multiplexing                     |
| WIMAX | Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas |

## **I. Introducción**

En la actualidad debido a las altas demandas de los usuarios del servicio de Internet, que solicitan mayor ancho de banda y menor tiempo de latencia, para poder estar conectado siempre en la tranquilidad de su hogar y disfrutar de estos servicios, con una alta calidad, las empresas de telecomunicaciones han buscado como satisfacer y solucionar estas necesidades, invirtiendo, modernizando y renovando en su infraestructura tecnológica en redes, para lograr brindar las mejores soluciones, en las demanda de sus usuarios y a su vez captar nuevos clientes, de estos servicios.

En Nicaragua con la actual alta competitividad que tienen las empresas telecomunicaciones que brindan estos servicios, se van poniendo al día con la tecnología y las demandas globales en las políticas de captación de usuarios, ofreciendo promociones y mejores paquetes de servicios con mayores anchos de banda.

A través de la empresa REDETEL, que es una contrata que efectúa trabajos de mantenimiento y construcción de la red de Fibra óptica para una empresa de telecomunicaciones que está establecida a nivel nacional e internacional, se llevara a cabo el proyecto de construcción e implementación de una red de fibra óptica FTTH en el sector de carretera vieja León, desde San Patricio hasta El Planetarium a través de la tecnología GPON para cumplir con los requerimientos necesarios y la actualización de los servicios de cable TV e internet y así poder brindar una mejor conectividad a los clientes, que en estos tiempos demandan mejor calidad de estos servicios.

Esta empresa de telecomunicaciones no tiene presencia absoluta en esta zona, en la cual su competencia la abarca completamente, invertirá en la instalación de una red física basada en fibra óptica donde al menos se instalarán unos 12km de Fibra óptica para avenidas principales y un aproximado de 10.2 km de fibra sectorizadas para cubrir las zonas: residencial Cedro Galán, Cumbre Cedro Galán, Chiquilistagua, y Planetarium.

## **II. Objetivos.**

### **2.1. Objetivo General**

Implementar una red FTTH a través de tecnología GPON con el cual se logre brindar el servicio de cable TV e internet en la zona de San Patricio hasta el Planetarium carretera vieja León.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estudiar la Arquitectura y características de las redes GPON para aprender los conceptos básicos en su correcto manejo e instalación.
- Indicar las ventajas y desventajas del uso de la Fibra óptica, aplicado a las redes de telecomunicaciones en comparación a los otros medios de transmisión para el uso del servicio de TV cable e internet.
- Elaborar un estudio de mercado para conocer la demanda del proyecto.
- Diseñar la red FTTH con la tecnología GPON a través de AutoCAD para establecer la ruta de construcción del proyecto.
- Realizar un estudio técnico, financiero para conocer la factibilidad del presupuesto que se invertirá en la construcción de la red FTTH a través de la tecnología GPON.

### **III. Justificación.**

Nuestro cliente que es una empresa de telecomunicaciones en Nicaragua, brinda una solución de banda ancha para conectarse a internet través de una red de fibra óptica pasiva con una arquitectura punto a multipunto, por lo tanto ha invertido en la implementación de las redes FTTH utilizando dispositivos de la empresa Furukawa, donde no tenían alcance de redes o donde han renovado su infraestructura por lo cual ofrecen, mejores servicios de cable TV e internet, desde 60 Mbps con 161 canales con un valor desde \$37, 120Mbps con 161 canales por \$45, 200Mbps con 229 canales por \$48 hasta 500Mbps en internet y 229 canales con un valor de \$99 para los servicios de internet y tv hogar, así poder competir en la captación de cliente en zonas o lugares donde, no tenían presencia de estos servicios, como es en el caso de este sector de carretera vieja León, desde San Patricio hasta Planetarium

De lo expuesto en el documento, se basará en un proyecto que se llevara a cabo para la empresa de telecomunicaciones que es nuestro cliente, a través de la empresa contratada REDETEL que procederá a instalar la cantidad de fibra óptica, para garantizar la conexión de servicio al cliente para un total de 408 posibles usuarios, para llegar a esta cifra se realizaron 199 encuesta, con un nivel de confianza del 95% para la población ya establecida con anterioridad, los encuestados fueron elegidos aleatoriamente

## **IV. Capítulo 1.**

### **4.1. Redes de Telecomunicación.**

Las redes de telecomunicaciones son un conjunto de medios de comunicación (transmisión y recepción) que a través de tecnologías y de diferentes protocolos que se encargan de procesar, multiplexar y modular la información por medios guiados y no guiados, que son necesarios para el intercambio de información entre los usuarios de la red.

El término de telecomunicación proviene de la palabra francesa telecommunication, compuesta por el prefijo griego tele "distancia" y la palabra latina communicare "compartir" y fue creada por el ingeniero y escritor Édouard Estaunie (1862-1942) a inicios del siglo XIX.

Hoy en día podemos hallar numerosas tecnologías desde la radio, televisión, telefonía, redes informáticas e internet hasta la radio navegación, GPS y telemetría donde la mayoría de trata de sistemas dotados de:

Un emisor: que codifica y transmite la señal mediante distintos medios o canales.  
Uno o más receptores que reciben y decodifican la señal, pudiendo a su vez (o no) servir de emisores.

Repetidores, enrutadores y conmutadores diseñados para intensificar, modificar, canalizar o repetir la señal enviada por el emisor. [1]

Una de las invenciones más significativas en la historia de las telecomunicaciones es el telégrafo desarrollado por Samuel Morse en 1837, el telégrafo permitió la

transmisión rápida de mensajes a través de largas distancias utilizando una serie de señales eléctricas.

Otro hito importante en la historia de las telecomunicaciones fue el desarrollo de las radios a finales del siglo XIX, el inventor italiano Guglielmo Marconi realizó una serie de experimentos demostraron la posibilidad de transmitir señales de radio a través del aire lo que llevo al desarrollo de la radio comercial en la década de 1920. [2]

En la década de 1870 se inventó el teléfono eléctrico basado en trabajos anteriores con telégrafos armónicos (señales múltiples) los primeros servicios telefónicos comerciales se establecieron en 1878 y 1879 a ambos lados del atlántico en las ciudades de new Haven Connecticut en los EE. UU y Londres, Inglaterra en el reino unido Alexander Graham Bell poseía la patente maestra del teléfono que se necesitaba para tales servicios en ambos países.

En la década de 1960 la introducción de las computadoras abrió nuevas posibilidades para la comunicación y el intercambio de información. La creación de la red de computadoras ARPANET, en 1969 estableció los fundamentos para el desarrollo de internet que se convirtió en una herramienta esencial para la comunicación global en la década de 1990. [3]

Medios guiados y no guiados

Son vías por las cuales se transportan los datos, existen 3 medios de transmisión del tipo guiados. [4]

Tabla 1: Medios guiados [4]

| Medios de Transmisión | Razón de dato total | Ancho de banda | Separación entre repetidores |
|-----------------------|---------------------|----------------|------------------------------|
| Par trenzado          | 4 Mbps              | 3 MHz          | 2 a 10 km                    |
| Cable Coaxial         | 500 Mbps            | 350 MHz        | 1 a 10 km                    |
| Fibra óptica          | 2 Gbps              | 2 GHz          | 10 a 100 km                  |

#### 4.2. Fibra Óptica.

- En 1842 Jean-Daniel Colladon físico suizo comenzó a experimentar con la reflexión total de la luz utilizando un pequeño chorro de agua como medio de transmisión, posteriormente el físico irlandés John Tyndall presento su descubrimiento ante la real sociedad en los que describía como la luz podía viajar dentro del agua gracias a la reflexión interna. [5]

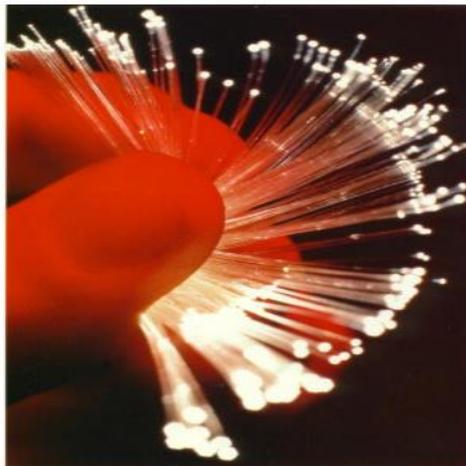


Figura 1: Hilos de Fibra Óptica.

- Estos estudios abrirían las puertas a otros investigadores quienes comenzaron a experimentar con la transmisión de la luz ya desde entonces

científicos como Graham Bell y William Wheeler comenzaron a ver el potencial de las comunicaciones ópticas, pero fue en 1950 que el físico Narinder Kapany comenzó sus estudios sobre transmisión por fibras ópticas, en 1953 Kapany junto al físico británico Harold Hopkins consiguió buenos resultados en la transmisión de imágenes por medio de fibras ópticas.

- La fibra óptica como tal no gozaría del interés de los ingenieros hasta 1950 y 1970 sería fabricada la primera pieza usando impurezas de titanio en silicio, la primera transmisión de información a través de este medio se hizo el 22 de abril de 1977 en Long Beach California [5]
- La fibra óptica es un medio de transmisión de datos mediante impulsos fotoeléctricos a través de un hilo construido en vidrio transparente u otros materiales plásticos con la misma funcionalidad.
- Es ideal para las telecomunicaciones, por cable permitiendo establecer redes informáticas locales y de largo alcance, con un mínimo de pérdidas de información en el camino.

El principio de funcionamiento de la fibra óptica es el de la ley de Snell que permite calcular el Angulo de refracción de la luz al pasar de un medio a otro con distintos índices de refracción, adentro de la fibra, los haces de luz quedan atrapados y propagándose en el núcleo dadas las propiedades físicas del revestimiento y del Angulo de reflexión adecuado, transportando hasta el destino la información enviada, en este último opera de manera similar al telégrafo. [4]

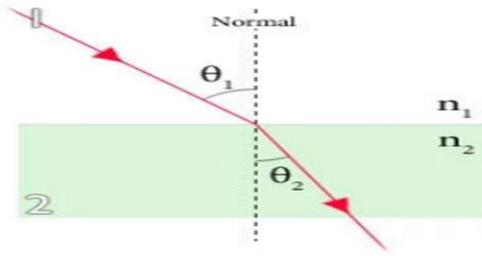


Figura 2: Incidencia de una Onda [6].

#### 4.2.1. Ley de Snell

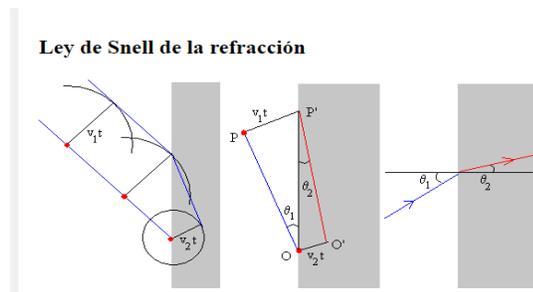


Figura 3: Ley de Snell [6]

La ley de Snell de la refracción se expresa en términos del índice de refracción

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \quad [6]$$

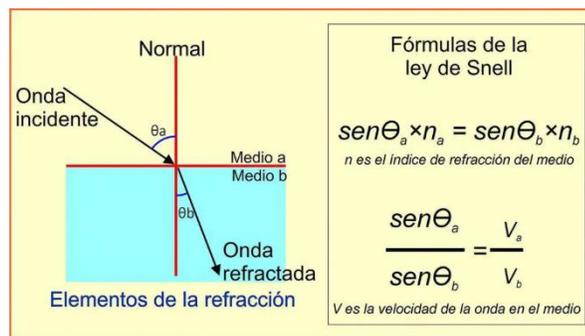


Figura 4: Elementos de Refracción [6].

La fibra óptica consta de:

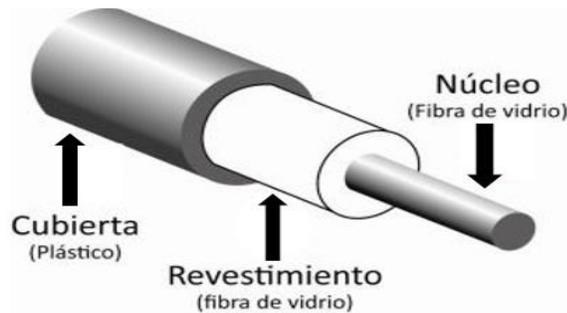


Figura 5: Partes de la Fibra Óptica. [8].

Un núcleo (core), un revestimiento (cladding o coating) y una capa o recubrimiento exterior. El tamaño del núcleo depende del tipo de fibra con el que se esté trabajando, aunque los estándares son  $8.3\ \mu\text{m}$  (monomodo),  $50\ \mu\text{m}$  (multimodo) y  $62.5$  (multimodo); a modo de referencia mencionemos que un cabello humano tiene un diámetro de  $70\ \mu\text{m}$ . [7]

El revestimiento tiene un diámetro de  $125\ \mu\text{m}$ . Tanto el núcleo como el revestimiento están formados por distintos materiales, normalmente cristal de silicio de distintas composiciones, para provocar el fenómeno TIR. La capa de revestimiento ayuda al proceso de transmisión, guiando a la luz para que vaya por el núcleo y no salga de él. El núcleo puede ser de diferente geometría y diámetro, lo cual proporciona las distintas prestaciones ópticas.

La capa o recubrimiento exterior se suele fabricar con polímeros y sirve para proteger al núcleo y al revestimiento de posibles daños y proporcionar al cable propiedades mecánicas. [8]

La capa exterior está formada por un recubrimiento primario (buffer) de un diámetro de 125  $\mu\text{m}$  y un recubrimiento secundario (jacket) de aproximadamente 800  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Existen dos tipos de recubrimientos:

- Adherente (tight): el recubrimiento primario viene adherido sobre el revestimiento, proporcionándole resistencia al impacto y a la humedad.
- No adherente (loose): el recubrimiento primario no está ligado al revestimiento; la fibra óptica con su revestimiento está rodeado por un gel tixotrópico (evita entrada de agua) que permite albergar varias fibras ópticas aisladas mecánicamente entre sí. Requiere un número reducido de herramientas y es de más fácil instalación que los cables con recubrimiento ajustado. [7]

Tabla 2: Ventajas y Desventajas de FO [9].

| <b>Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Ventajas</b>                                  | <b>Desventajas</b>                 |
| Gran ancho de Banda                              | son frágiles                       |
| Baja atenuación                                  | requiere de conversores            |
| no conduce corriente                             | son difíciles los empalmes         |
| inmunidad electromagnética                       | no transmite energía eléctrica     |
| bajo peso  | envejece ante la presencia de agua |

#### 4.2.2. Tipos de Fibra

Dependiendo del número de modos de propagación, hay dos grandes tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo.

Las fibras monomodo están compuestas de un hilo de núcleo de muy pequeño diámetro (8,3  $\mu\text{m}$ ) que soporta un solo modo de transmisión luminosa. [7].



Figura 6: Fibra monomodo [10][21]

- La fibra monomodo tiene la menor atenuación, y por lo tanto el mayor ancho de banda de todos los tipos de fibra óptica.
- Estas fibras tienen la característica de tener un alcance muy superior (hasta 10 Km); se emplean fundamentalmente para conexiones de media, larga y muy larga distancia.
- La electrónica de transmisión, recepción y repetición también es más cara que la de los sistemas multimodo, se precisan emisores láser más potentes y sofisticados.
- Una de las desventajas de este tipo de fibras, es que al ser el núcleo mucho más estrecho que en las fibras multimodo, la conexión entre dos

fibras tiene que ser mucho más precisa, encareciendo los conectores y el costo del cable en general.

- Existen diferentes tipos de fibra monomodo, las diferencias se basan principalmente en su adecuación para el funcionamiento con diferentes láseres que funcionen en distintas longitudes de onda. [7].

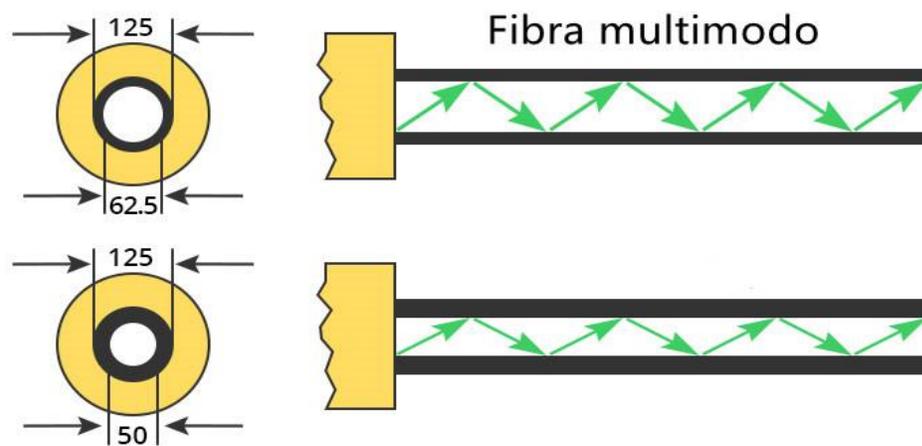


Figura 7: Fibra Multimodo [26] [11].

- Las fibras multimodo están formadas por un núcleo de mayor diámetro que las monomodo (50 o 62.5 micras) y en consecuencia los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino que se reflejan con distintos ángulos dentro del núcleo.
- Dependiendo de las características del emisor y el medio, la potencia luminosa del pulso se divide sobre todos o parte de los modos, lo cual la hace menos eficiente que la fibra monomodo.

- Dentro de las fibras multimodo existen dos tipos principales, las de índice escalonado y las de índice gradual, que permiten un alcance ligeramente superior.
- En las fibras de índice escalonado se propagan varias ondas o modos diferentes a través de la fibra, unas ondas se propagan completamente paralelas al revestimiento, por el núcleo de la fibra, otras se reflejan continuamente, atrapadas por el fenómeno TIR, el resto se refracta en el revestimiento. [7]

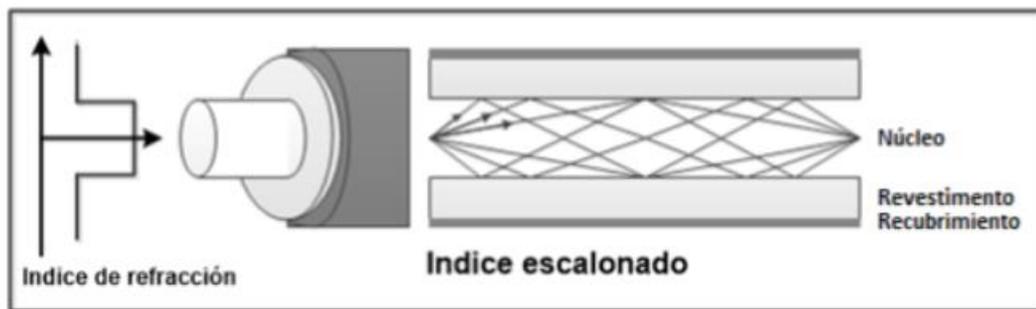


Figura 8: Fibra MM índice escalonado. [11].

- Intuitivamente se ve que las ondas que se reflejan recorren mucha mayor distancia que las que se propagan por el núcleo sin reflejarse. Esto da lugar a dispersión que produce atenuación de la señal transmitida. Este fenómeno es inevitable en la fibra óptica multimodo y es el ocasionante de que la longitud de estas fibras no pueda ser tan grande como la de las fibras monomodo. [7].

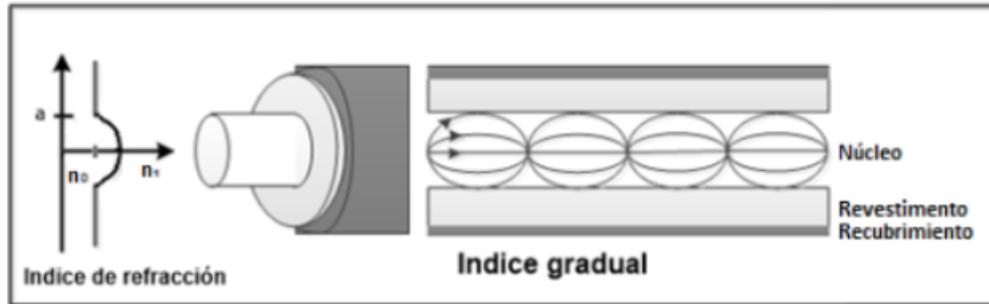


Figura 9: Fibra MM Índice Gradual. [11].

- En las fibras de índice gradual, el índice de refracción del núcleo decrece desde el centro hacia el revestimiento. Esto hace que se reduzca la dispersión, ya que los haces llegan casi al mismo tiempo y que cerca del revestimiento los rayos se propagan más rápidamente que en el núcleo.
- La fibra multimodo precisa una electrónica y conectores más baratos, si bien el costo de la fibra suele ser superior a la monomodo. Las fibras multimodo se utilizan en redes a distancias cortas, p. ej. campus y edificios (longitudes menores a 500 metros). [7]

#### 4.3. Arquitectura XPON.

PON, también conocida como red óptica pasiva, es una tecnología en telecomunicaciones que implementa una arquitectura punto a multipunto (P 2 MP). Los divisores de fibra óptica sin alimentación se utilizan para permitir que una sola fibra óptica sirva a múltiples puntos finales como clientes en lugar de proporcionar fibras individuales entre la oficina central (hub) y el cliente.

Según las diferentes terminaciones de PON, el sistema de red se puede dividir en fibra hasta el hogar (FTTH), fibra hasta la acera (FTTC), fibra hasta el edificio (FTTB), etc. En concreto, un PON está formado por un terminal de línea óptica (OLT) en el centro del proveedor de servicios y varias unidades de red óptica (ONU) o terminales de red óptica (ONT) cerca de los usuarios finales. Y "pasivo" solo se utiliza para describir que no se incluye ningún requisito de potencia o componente electrónico activo para transmitir señales en el sistema. [12].

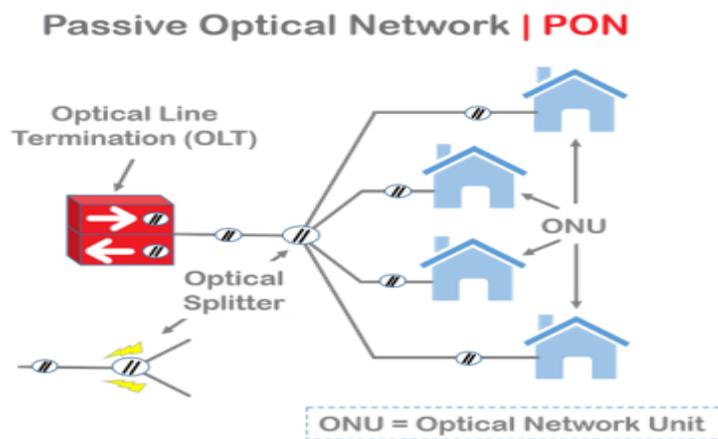


Figura 10: Red PON. [13]

#### 4.4. Red GPON

Son siglas de Gigabit passive optical network, Es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza cableado de fibra óptica para llegar hasta el usuario final esto nos permite que a través del medio de fibra óptica pueda transmitir los servicios de voz, datos y TV de alta velocidad hasta el hogar con velocidades de hasta 1GB, Comprender las características de las redes ópticas pasivas (GPON) es el primer paso para entender cómo esta solución se aplica a

las diversas formas de conexión de fibra. La elección de este tipo de aplicación brinda una gran cantidad de ventajas tanto para los implementadores como para el cliente.

- Tiene una capacidad de tráfico de hasta 2.5Gbps en downstream y 1,25 Gbps en upstream, lo que hace que brinde estabilidad y escalabilidad para conexiones de ancho de banda.
- En el caso de las redes GPON, el índice de eficiencia puede alcanzar un 92%.
- En el cableado que utiliza GPON, la proporción estándar de 1 para 64 se puede actualizar hasta 128 puntos de conexión por puerto. [14].
- Esta tecnología de fibra óptica permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra, con una arquitectura de punto a multipunto, que permite fibra óptica al hogar (FTTH), o a un edificio (FTTB).
- Permite el acceso Triple Play (Video, Voz y Datos) Surgió con la necesidad de potenciar las redes de cobre, que en un momento se llegó creer que eran obsoletas. Ahora, cobre y fibra óptica de última tecnología, brindan soluciones adecuadas a cada necesidad. [15].

#### **4.4.1. Introducción a la Red GPON.**

GPON es Gigabit Passive Optical Network. La principal característica de GPON es el uso de divisor pasivo (splitter) en la red de distribución de fibra, lo que permite que una sola fibra de alimentación del proveedor sirva para múltiples hogares y pequeñas empresas. GPON emerge través de varias técnicas de PON como APON y BPON y finalmente está estandarizado por IEEE y ITU.

GPON solo tiene componentes ópticos pasivos en la red de acceso. Los componentes activos solo se instalan en la oficina central (Optical Line Terminal, OLT) y en las instalaciones del cliente (Optical Network Terminals, ONT). Entre OLT y ONT se encuentra la red óptica pasiva, que incluye enlaces de fibra, splitters pasivos y conectores.

Beneficios de usar la tecnología GPON [16].

La tecnología GPON proporciona las siguientes ventajas:

- Gran capacidad de ancho de banda al cliente
- Es compatible con múltiples servicios avanzados para el crecimiento de los ingresos.
- Proporciona un largo alcance sin amplificación.
- No tiene componentes electrónicos activos en los equipos OSP
- Tiene una larga vida útil física y económica.
- Proporciona una instalación y actualización fáciles
- Despliegue sencillo y rápido
- Permite cables de pequeño diámetro y peso ligero, por lo que ocupa poco espacio.

- Es seguro e inmune a las interferencias electromagnéticas.

#### **4.4.2. Componentes de una Red GPON.**

1. OLT (Optical Line Terminal)
2. Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)
3. Splitter
4. Fiber Distribution Terminal/Hub (FDT)
5. Fiber Distribution Box (Caja de Empalme)
6. Fiber Termination Box (para Exterior)
7. Fiber Outlet Box (Roseta)
8. Access Termination Box
9. Optical Network Terminal (ONT)
10. Optical Distribution Box
11. Unidad Remota Multivivienda (MDU)

OLT (Optical Line Terminal):

la OLT es el equipo que se encuentra en la oficina central. Tiene interfaces con IP/MPLS, NGN, IMS, servidor IPTV u otros. Cada puerto PON alimenta un máximo de 64 clientes. Las tarjetas GPON generalmente tienen 8 puertos PON (cada puerto alimenta a 64 clientes). Los OLT tienen 16 tarjetas dependiendo de la marca y el modelo. Las OLT antiguas instaladas antes de 2012 pueden tener 14 o 16 tarjetas con 4 puertos PON en cada tarjeta. [16].

| AN5516-06  | AN5116-06B                       | AN5516-04                    |
|--|----------------------------------|------------------------------|
| 6U   | 11U                              | 2U                           |
| 6 Service Slots  | 16 Service Slots                 | 2 Service Slots              |
| 2 Core Switches & Various Uplink   | 2 Core Switches & Various Uplink | Core Switch & Uplink Combine |
| Flexible PON Service Boards<br>(GC8B: 8 PON ports) (GCOB: 16 PON ports) (XP8A: 8 XGPON ports)                                      |                                  |                              |
| Powerful Copper Line Service Boards<br>(PPDA: 64 POTS) (VPSA: 64 VDSL) (CVTA: 48 VD combo) (APSA: 64 ADSL) (SETA: 16 G.SH & 16 E1) |                                  |                              |



Figura 11: OLTS [16].

Distribuidor de Fibra Óptica (ODF):

Facilita la conexión entre la OLT y la Fibra Troncal con acopladores. Los tamaños típicos de ODF son 24F/48F/72F/96F/144F. [16].



Figura 12: ODF [16].

### Splitter:

Los splitters son dispositivos pasivos que dividen las señales ópticas por igual en la relación desde 1:2 hasta 1:64, lo que introduce la pérdida óptica en función de la relación de división. Esta relación está determinada por la topología de la red como se describe en este documento para los diferentes escenarios de OSP.

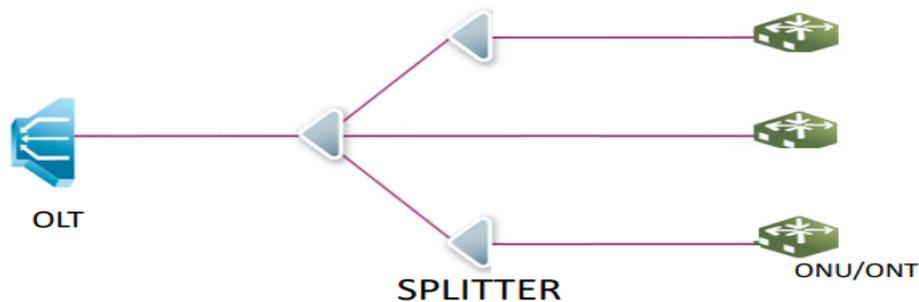


Figura 13: Splitter [16]

Los splitters pueden ubicarse en la Oficina Central (Central Office), dentro del ODF, dentro del terminal de distribución de fibra (FDT) exterior/interior, en cajas de empalme, en registros en pozos y en pozos. También se pueden instalar en un edificio en caso de unidades de vivienda múltiple (MDU) en un OSB (Optical Splitter Box). [16].

### Perdidas en splitters:

| Relación de División | Pérdida Máxima (dB) | Pérdida Típica (dB) |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1x2                  | 3.7                 | 3.1                 |
| 1x4                  | 7.3                 | 6.2                 |
| 1x8                  | 10.7                | 9.8                 |
| 1x16                 | 13.5                | 13.2                |
| 1x32                 | 16.7                | 16.5                |

Figura 14: Perdidas(db) en el Splitter. [16]

Cada vez que la señal se divide en dos, la mitad de la potencia se va en una dirección y la otra mitad en la otra. Entonces, cada dirección recibe la mitad de la potencia, o la señal se reduce en:  $10 \log (0.5) = 3 \text{ dB}$ .

La pérdida práctica es de 3.5 dB nominal, por lo que cada división 1:2 cuesta aproximadamente 10 km de distancia a 1330 nm.

Los splitters están disponibles con conectores (con uno o dos conectores de entrada y varios de salida o sin conectores (para fusionar). La entrada del splitter también se puede unir al cable de alimentación en el ODF. [16]

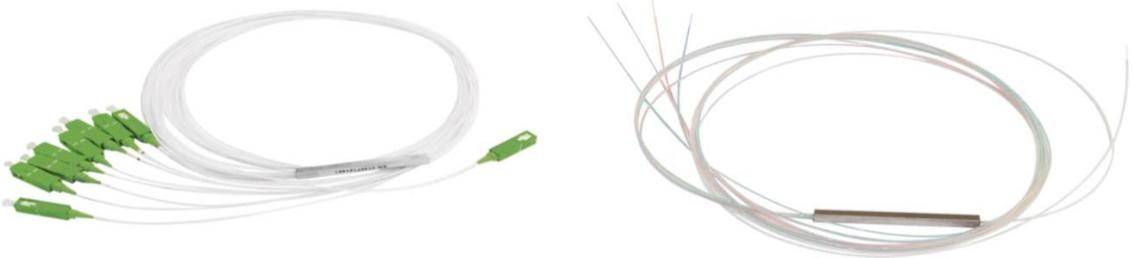


Figura 15: Splitters. [16]

Fiber Distribution Terminal/Hub (FDT):

El FDT para interior está diseñado para organizar y administrar cables de fibra óptica y splitters, generalmente adecuado para edificios de gran altura y se coloca en la sala de telecomunicaciones.

El FDT para exterior también llamado Hub, son generalmente gabinetes grandes colocados estratégicamente en la red FTTH para facilitar la conexión en un área de servicio de fibra particular. Brinda un punto de flexibilidad para que los cables de fibra alcancen la máxima utilización de los recursos de ISP y ODN.

Fiber Distribution Box (Caja de Empalme):

Las cajas de empalme sirven para conectar la troncal primaria con la troncal secundaria y pueden ir aéreas o bajo tierra. Las más comunes en el mercado son de 24, 72 y 96 empalmes. [16]



Figura 16: Caja de Empalme (Mini Hubs). [16].

Fiber Termination Box:

La caja de terminación de fibra es un accesorio en despliegues FTTC (Fiber to the Curve), ya que está diseñado para proporcionar una conexión al cliente sin ingresar a las instalaciones con protección para exterior. Cuenta con uno o varios acopladores.

Fiber Outlet Box:

También llamada roseta, es el último punto de conexión dentro de las instalaciones del cliente antes de llegar a la ONT. Generalmente cuenta con un acoplador. [16].

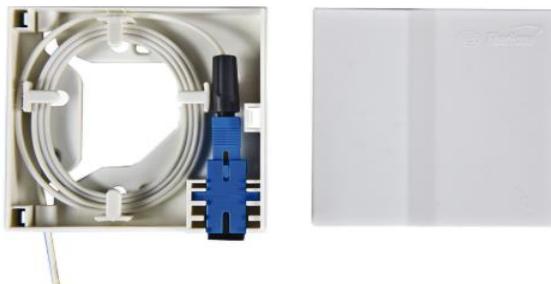


Figura 17: Roseta o mini ODF. [16]

Access Termination Box:

Último punto de terminación en las instalaciones del cliente si la instalación de Fiber Outlet Box no es posible. Alternativa a la toma de fibra óptica.

Optical Network Terminal:

La ONT se coloca directamente en las instalaciones del cliente. Admite una mezcla de servicios de telecomunicaciones que convierte la señal óptica en señal electrónica. Algunas ONT vienen preparadas para operar como punto de acceso para proporcionar una conexión inalámbrica y puertos para servicio de telefonía.



Figura 18: ONT. [16].

Optical Distribution Box

La caja de distribución óptica se utiliza como una interfaz de conexión para MDUs de baja densidad. La capacidad de cada caja varía de 12/24/48/96 fibras.

Unidad Remota Multivivienda:

MDU por sus siglas en inglés (Multi Dwelling Unit) es un dispositivo diseñado para el despliegue FTTB (Fiber to the Building). Las principales ventajas de estos dispositivos es que cuentan con varios puertos LAN (8/16/24), consumen poca energía, no requieren enfriamiento externo, tienen una alta estabilidad y son amigables con el medio ambiente. Son de fácil instalación y bajo mantenimiento, perfectos para despliegues de pequeña a mediana escala [16].



Figura 19: MDU. [16].

#### 4.4.3. Características de la Red GPON.

| Características de GPON  |
|--|
| Velocidades de Gigabits al usuario final o mayor velocidad de transmisión de datos |
| Reducción de gastos o inversiones  |
| Disminución de gastos operativos y funcionales                                     |
| Evita interferencias   |
| Garantiza una alta seguridad en la red   |
| Mayor alcance de la red, con distancias máximas de hasta 20km                      |
| Duración de 50 años  |

Figura 20: Características GPON.

#### 4.5. Estandarización

El ITU-T (INTERNATIONAL COMMUNICATIONS UNION-TELECOMMUNICATION SECTOR) empezó a trabajar sobre GPON en el año 2002, la principal motivación de GPON era ofrecer mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP y una especificación completa adecuada para ofrecer todo tipo de servicios. [17].

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.X(X=1.2.3.4), las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004 y ha habido continuas actualizaciones en años posteriores. [17] [18].

| Norma ITU-T G 984.x            |  |  |   |   |
|--------------------------------|--|--|---|---|
| ITU-T<br>G.984.1 (ITU-T, 2011) | Características generales.                             | Arquitectura del sistema OAM.<br>Tipos de interfaz: servicio, usuario.<br>Alcance lógico.  | Tipos de servicio.<br>Tasa física de transmisión y recepción.<br>Rendimiento del sistema.                 |   |
| ITU-T<br>G.984.2 (ITU-T, 2012) | Medios físicos dependientes.                           | <b>Parámetros Class B+</b><br>Potencia óptica máxima<br>Potencia óptica mínima<br>Sensibilidad mínima<br>Potencia óptica mínima de sobrecarga  | <b>ONT</b><br>+ 5 dBm<br>+0,5 dBm<br>-27 dBm<br>- 8 dBm   | <b>OLT</b><br>+ 5 dBm<br>+1,5 dBm<br>-28 dBm<br>- 8 dBm |
| ITU-T<br>G.984.3 (ITU-T, 2014) | Convergencia de transmisión                            | Subcapas GPON TC<br>Rango  | Formato de trama<br>Seguridad<br>Ancho de Banda Dinámico.<br>Operaciones, administración y mantenimiento. |   |
| ITU-T<br>G.984.4 (ITU-T, 2011) | Gestión ONT, especificación de la interfaz de control. | Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.   |   |   |
| ITU-T<br>G.984.5 (ITU-T, 2014) | Mejoramiento de banda.                                 | Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON.<br>Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT. |   |   |
| ITU-T<br>G.984.6 (ITU-T, 2012) | Mayor alcance.   | Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.   |   |   |

Figura 21: Normas ITU. [18] [19].

#### 4.6. Arquitectura de la Red GPON

- Red de distribución óptica (ODN): Son los dispositivos físicos de fibra óptica que distribuyen señales a los usuarios en una red de telecomunicaciones. El ODN se compone de estándares de paquetes Ethernet (POS), como fibras ópticas, y uno o más divisores ópticos pasivos.
- Terminación de red óptica (ONT o conocido como Optical Node Terminal) / Unidades de red óptica (ONU): Son los equipos que se instalan en los usuarios finales (escritorio, teléfonos, etc.) para conectar a la red GPON. Proporcionan la conversión de señal óptica a eléctrica. Las ONT (Optical Node Terminal) también proporcionan cifrado AES a través de la clave ONT.
- Divisores – Se utilizan para agregar o multiplexar señales de fibra óptica a un solo cable de fibra óptica ascendente. Por lo general, la proporción más utilizada es 1:32.

- Terminal de línea óptica (OLT o también conocido como Optical Line Terminal): Dispositivo que agrega todas las señales ópticas de los ONT en un solo haz de luz multiplexado que luego se convierte en una señal eléctrica, formateada según los estándares de paquetes Ethernet para el reenvío de Capa 2 o Capa 3.

En el diseño GPON encontraremos un total de dos niveles, la OLT (Optical Line Terminal) es una de las partes más importantes porque será la que se use para interconectar los diferentes equipos, también tenemos los splitters 1:32 que nos permite subdividir la fibra para conectar más usuarios simultáneamente, y, por último, disponemos de una ONT por cada uno de los usuarios. Por supuesto, todos estos equipos son pasivos, como indica el propio nombre de «GPON».

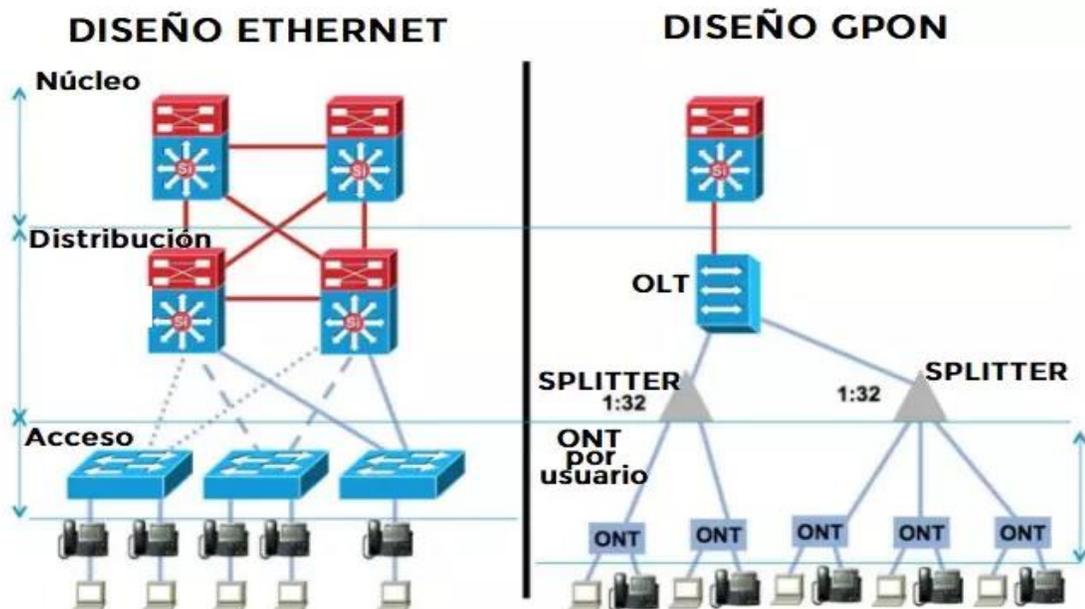


Figura 22: Diseño Red GPON. [19].

#### 4.6.1. Funcionamiento. [19].

- 1) Primero la OLT (Optical Line Terminal) se conecta al divisor óptico a través de una única fibra óptica, y después el divisor óptico se conectará a las ONU/ ONT.
- 2) Después GPON adoptará WDM para transmitir datos de diferentes longitudes de onda ascendentes / descendentes sobre el mismo ODN.
- 3) Las longitudes de onda oscilarán entre 1290-1330 nm en la dirección de subida y de 1480 – 1500 nm en dirección de descarga. Comenzará la transmisión de datos en la dirección de descarga y a su vez en subida a modo de ráfaga en modo TDMA (basado en intervalos de tiempo).
- 4) Por último, se admitirá la transmisión de multidifusión punto a multipunto (P2MP).

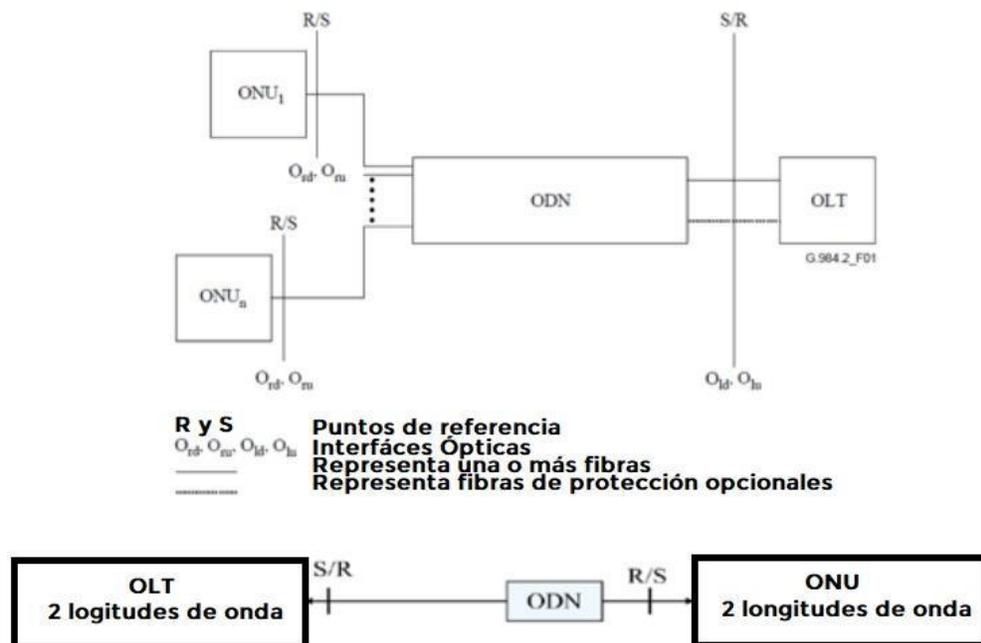


Figura 23: Etapas de Funcionamiento. [19].

La figura muestra una red GPON formada por la OLT, ONT/ONU y la ODN con una topología P2MP en la que se localizan los divisores ópticos pasivos. Para la transmisión de voz y datos utiliza el rango de longitud de onda de 1480-1500 nm en el sentido de descarga y el rango de 1260-1360 nm en subida. Además, posibilita el servicio de distribución de video en la banda de 1550-1560 nm. El par de longitudes de onda utilizadas en sentido descendente (1490 nm) y ascendente (1310 nm) sobre una única fibra, se comparte a través de la multiplexación por división de tiempo (TDM) entre todos los usuarios. La velocidad de transmisión por usuario resulta de la razón de transferencia máxima dividida por la cantidad de usuarios conectados a un puerto PON de la tarjeta de línea de la OLT. Primero la OLT (Optical Line Terminal) se conecta al divisor óptico a través de una única fibra óptica, y después el divisor óptico se conectará a las ONU/ ONT. Después GPON adoptará WDM para transmitir datos de diferentes longitudes de onda ascendentes / descendentes sobre el mismo ODN. Las longitudes de onda oscilarán entre 1290-1330 nm en la dirección de subida y de 1480 – 1500 nm en dirección de descarga. Comenzará la transmisión de datos en la dirección de descarga y a su vez en subida a modo de ráfaga en modo TDMA (basado en intervalos de tiempo). Por último, se admitirá la transmisión de multidifusión punto a multipunto (P2MP).

GPON posibilita la convergencia de los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red, lo que favorece la reducción de los costos para los operadores al no tener que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio. [19].

## **4.7. FTTH**

Fibra Óptica Al Hogar, o según sus siglas en inglés FTTH (Fiber To The Home), es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para la provisión de servicios de Internet, Telefonía IP y Televisión (IPTV) a hogares, negocios y empresas. [20].

Fiber to the Home (FTTH) se remonta a principios de la década de 1980, cuando los investigadores comenzaron a experimentar con el uso de fibras ópticas para las telecomunicaciones. A mediados de la década de 1990, varias empresas de telecomunicaciones comenzaron a implementar redes FTTH a escala limitada, principalmente en nuevos desarrollos de viviendas. Sin embargo, no fue hasta principios de la década de 2000 que la implementación de FTTH comenzó a acelerarse, impulsada por una combinación de avances tecnológicos y una mayor demanda de acceso a Internet de alta velocidad. Hoy en día, FTTH se considera el estándar de oro para la conectividad de banda ancha, ya que ofrece velocidades que son significativamente más rápidas que las redes tradicionales de cobre o cable coaxial. [21].

### **4.7.1. Funcionamiento**

Fiber to the Home (FTTH) es una tecnología que utiliza cables de fibra óptica para brindar servicios de Internet, televisión y teléfono de alta velocidad directamente a una residencia o negocio. El cable de fibra óptica está hecho de hilos delgados de vidrio o plástico que pueden transmitir datos como señales de luz.

Las redes FTTH suelen constar de tres componentes principales:

1. La oficina central (CO): Esta es la ubicación donde el proveedor de servicios de Internet (ISP) finaliza la conexión a Internet de alta velocidad y la conecta a la red de fibra óptica.
2. La red de distribución: Es la red de cables de fibra óptica que recorre las calles y los barrios, conectando la oficina central con los hogares o negocios individuales.
3. El equipo local del cliente (CPE): Es el equipo que se instala en la ubicación del cliente, como un terminal de red óptica (ONT) o módem, que convierte las señales ópticas en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos del cliente.

Para brindar el servicio, el ISP tenderá los cables de fibra óptica desde la oficina central hasta la acera o el metro de un vecindario, y luego a los hogares o negocios individuales. El CPE se instalará en la ubicación del cliente, que luego convertirá las señales ópticas en señales eléctricas que los dispositivos puedan entender.

La tecnología FTTH proporciona acceso a Internet de alta velocidad y gran ancho de banda y también permite el despliegue de servicios avanzados como juegos interactivos, televisión de alta definición y telemedicina. [21]

#### **4.7.2. FTTH Frente a FTTN, FTTC y Más**

FTTH es una versión más específica del término fibra hasta la x (FTTx), en el que la x representa el punto de la red en el que se conecta un cable de fibra óptica

para dar servicio a los edificios cercanos. En cada término, el lugar donde la fibra óptica se detiene y comienza la transferencia de la señal al cable metálico es diferente. Todas las versiones de FTTx son la fuerza impulsora detrás del acceso de próxima generación (NGA), lo que significa una actualización de la velocidad y la calidad de las redes de banda ancha.

La fibra hasta el hogar se denomina así porque el cable se conecta directamente al hogar del usuario. FTTB (fibra hasta el edificio) y FTTP (fibra hasta las instalaciones) se pueden usar indistintamente con FTTH, porque la estructura de la red es la misma y las palabras hogar, edificio e instalaciones se utilizan para describir la vivienda a la cual se conectan directamente las redes de fibra. Una pequeña distinción entre FTTH y FTTB es que FTTH conecta fibras ópticas directamente a las residencias, de las cuales puede haber varias en un edificio. En FTTB, las fibras ópticas se conectan al edificio y luego los cables metálicos se conectan a las unidades individuales (hogares u oficinas) en el interior.

FTTC, o fibra hasta la acera, se denomina así porque en lugar de conectarse directamente a un edificio, casa o local, el cable de fibra óptica se conecta a la acera cerca de casas o negocios, donde una conexión de par trenzado transfiere la señal desde la acera al edificio a los usuarios finales. Fibra al nodo (FTTN) se refiere a una configuración en la que la fibra óptica se conecta al gabinete o nodo de la red y pasa la señal al cable de cobre en ese punto. [22].

#### 4.7.3. Versiones de FTTx: [22].

- Fibra al terminal (FTTT). Los cables de fibra óptica se conectan directamente a equipos de escritorio en una oficina.
- Fibra a la oficina (FTTO). Similar a FTTT, el cable de fibra óptica se conecta a un mini interruptor en los escritorios de los usuarios en una oficina. Por lo general, hay varios conmutadores en toda la oficina, administrados desde una ubicación central.
- Fibra a la calle (FTTS). FTTS se encuentra entre FTTB y FTTC; pasa al cable de cobre más cerca que FTTC, pero más lejos que FTTB, que se conecta directamente al edificio.
- Fibra al punto de distribución (FTTdp). FTTdp es una mezcla entre FTTC y FTTN. El extremo de la fibra se conecta al último punto de distribución posible antes de las instalaciones del usuario final.

Tabla 3: Versiones FTTx [22]

| FTTx                                   |   |
|--|---|
| Versiones                              | Descripción   |
| Fibra al terminal (FTTT).              | Los cables de fibra óptica se conectan directamente a equipos de escritorio en una oficina.   |
| Fibra a la oficina (FTTO).             | Similar a FTTT, el cable de fibra óptica se conecta a un mini interruptor en los escritorios de los usuarios en una oficina. Por lo general, hay varios conmutadores en toda la oficina, administrados desde una ubicación central. |
| Fibra a la calle (FTTS).               | FTTS se encuentra entre FTTB y FTTC; pasa al cable de cobre más cerca que FTTC, pero más lejos que FTTB, que se conecta directamente al edificio.   |
| Fibra al punto de distribución (FTTDP) | es una mezcla entre FTTC y FTTN. El extremo de la fibra se conecta al último punto de distribución posible antes de las instalaciones del usuario final.  |

## V. Capítulo 2

### 5.1. Estudio de Mercado

Se conoce como la primera parte de una investigación formal del estudio. Consta básicamente de la determinación y cuantificación de la demanda y oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. (Gabriel Baca Urbina)

#### 5.1.1. Definición.

Es un análisis que sirve para hacerse una idea sobre la viabilidad que tiene una determinada actividad económica. Primeramente, se debe recoger información es conveniente recopilar datos sobre empresas que trabajen con la misma idea de negocios, para evaluar si es un buen momento para sacar adelante el proyecto. [23]

Algunos de los aspectos claves que se tienen que investigar en un estudio de mercado son:

- La competencia
- El Cliente
- El producto.

A través de encuestas, que se aplicaron en los sectores delimitados para la implementación del proyecto, conoceremos:

1. Al posible cliente
  - a) ¿Cuántas personas compones su núcleo familiar?
  - b) De su núcleo familiar ¿cuántas personas actualmente está trabajando?

2. La competencia del servicio en los sectores.
  - a) Consta con los servicios de internet
  - b) Puede decirnos a través de que medio les ofrecen el servicio de internet
3. La aceptación del servicio
  - a) Estaría dispuesto a contratar un servicio de cable tv e internet a través de fibra óptica.
  - b) Que tipo de plan estará dispuesto a pagar

Para esto se estableceremos las interrogantes con lo cual trataremos de conocer nuestro segmento de mercado y su afinidad por medio de sus respuestas

### **5.1.2. Segmentación del Mercado**

La segmentación de mercados consiste en seccionar al mercado objetivo en grupos más pequeños que comparten características similares, como edad, ingresos, rasgos de personalidad, comportamiento, intereses, necesidades o ubicación.

La segmentación de mercado permite que las marcas creen estrategias, dependiendo en la forma en que perciben el valor total de ciertos productos y servicios, de esta forma introducir un mensaje más personalizado con la certeza que será recibido. [23]

### **5.1.3. Segmentos del Mercado:**

- Segmentación Geográfica
- Segmentación demográfica

- Segmentación psicográfica
- Segmentación conductual

Para este estudio de mercado realizaremos una segmentación psicográfica ya que consisten en agrupar al público objetivo basándose en su comportamiento, en su estilo de vida, en sus actitudes e intereses a través de encuestas. [23]

#### **5.1.4. Delimitación Geográfica**

En ella se precisa el lugar en el cual se realiza el trabajo de investigación, los límites desde dónde y hasta dónde son válidos los resultados que arroje la investigación. Esta delimitación debe ser clara y sin riesgo a solapamiento de límites.

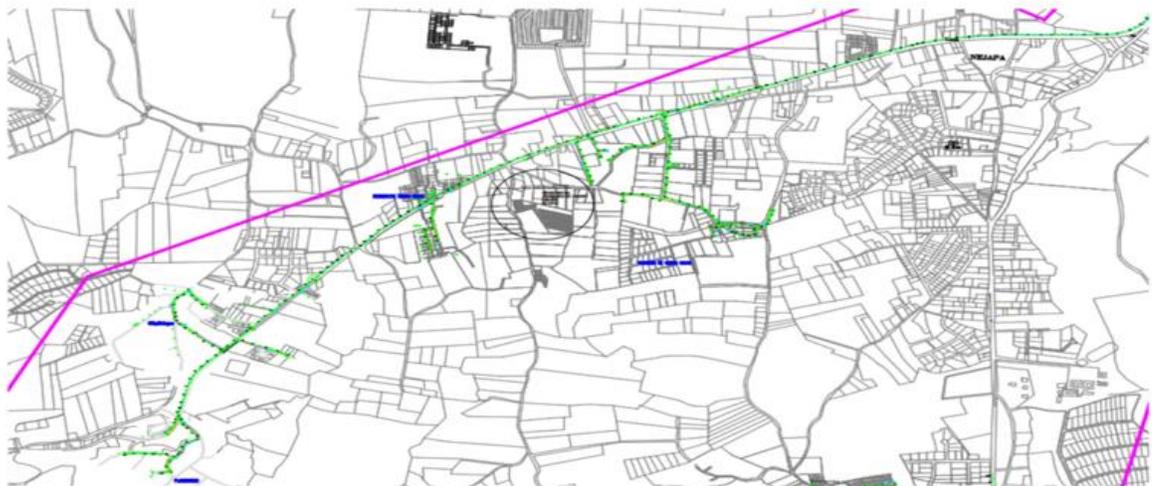


Figura 24: Área delimitada del proyecto.

Para el llenado de las encuestas, se realizaron en las siguientes ubicaciones de Carretera nueva a León:

- 1- residencial Cedro Galán.

- 2- Cumbre Cedro Galán.
- 3- Chiquilistagua
- 4- Planetarium

### 5.1.5. Aplicación del Estudio

El objetivo de la aplicación del estudio de mercado es obtener y recopilar la información del mercado, consumidor final y la demanda de acuerdo al segmento en el que se quiere influir.

Su finalidad es conocer en profundidad el nicho que se pretende conquistar, como así también su grado de rentabilidad.

De acuerdo a la segmentación del mercado del tipo psicográfica en su delimitación geográfica, se realizó las siguientes encuestas:

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA   |   |
|--|---|
| FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION  |   |
| DEPARTAMENTO DE DISEÑO DIGITALES Y TELECOMUNICACION  |   |
| Por este medio se hace constar, que hemos realizado encuestas para el proyecto: "Implementación de una red física basada en fibra óptica FTTH a través de la tecnología GPON desde el sector de San Patricio hasta el Planetarium carretera vieja Leon" para optar al Título de Ingeniero Electrónico. |   |
| Datos del Encuestador  | David Cruz Jarquin  |
| Cedula:  | 001-041291-00075  |
| Celular:   | 86573722  |
| ¿Cuánto es el numero de personas que componen su nucleo familiar? Especifique  |   |
| 2 <input type="checkbox"/>   | 3 <input type="checkbox"/>                                  |
| 4 <input type="checkbox"/>   | 5 <input checked="" type="checkbox"/>                       |
| Otro(Especifique) _____  |   |
| Actualmente de su nucleo familiar, ¿cuantos miembros de su familia estan trabajando ?  |   |
| 2 <input type="checkbox"/>   | 3 <input checked="" type="checkbox"/>                       |
| 4 <input type="checkbox"/>   | 5 <input type="checkbox"/>                                  |
| Otro(Especifique) _____  |   |
| ¿Constan los servicios de Internet y cable tv? Especifique.  |   |
| Si <input checked="" type="checkbox"/>   | No <input type="checkbox"/>                                 |
| Otro(Especifique): Claro tv  |   |
| ¿Puede decirnos a traves de que medio su operador les ofrece el servicio de Internet?  |   |
| Fibra Optica <input type="checkbox"/>  | HFC(Cobre) <input checked="" type="checkbox"/>              |
| WIMAX <input type="checkbox"/>   | ADSL(Telefono) <input type="checkbox"/>                     |
| Actualmente como calificaría el servicio de TV cable e internet que tienen:  |   |
| Excelente <input type="checkbox"/>   | Muy bueno <input type="checkbox"/>                          |
| Bueno <input type="checkbox"/>   | Regular <input checked="" type="checkbox"/>                 |
| Malo <input type="checkbox"/>  |   |
| Estaría dispuesto a contratar un servicio de cable tv e internet por fibra optica?   |   |
| SI <input type="checkbox"/>  | NO <input type="checkbox"/>                                 |
| Porque: problema con el internet se pega demasiado, se llama a la operadora y dilantan en atender  |   |
| Que Tipo de Plan esta dispuesto a pagar por su servicio de CableTV y Internet  |   |
| \$36.99<br>40Mbps<br>161 canales <input checked="" type="checkbox"/>   | \$44.99<br>120Mbps<br>161 canales <input type="checkbox"/>  |
| \$47.99<br>200 Mbps<br>229 canales <input type="checkbox"/>  | \$55.99<br>250 Mbps<br>229 canales <input type="checkbox"/> |
| \$99.99<br>500 Mbps<br>229 canales <input type="checkbox"/>  |   |
| Nombre del encuestado  | Gabriel Antonio Mairena Rios                                |
| Sector donde se realizo la encuestas   | Residencial Cedro Galan                                     |

Figura 25: Encuesta.

#### 5.1.5.1. Espacio Muestral.

Se define como el conjunto de todos los resultados posibles que se obtiene al realizar un experimento aleatorio.

Nivel de confianza: Es el grado de certeza expresado en porcentaje con el que se pretende realizar la estimación de un parámetro a través de un estado muestral.

El nivel de confianza más efectivo y utilizado es del 95%.

Margen de error: un indicador de fiabilidad del estudio y la exactitud de los resultados, se expresa como un porcentaje que indicara que los resultados obtenidos están dentro de más o menos de este porcentaje de los valores presentados. Por lo regular es 5% o menos.

Población: en este caso nos apoyaremos en datos oficiales de tu localidad o de un aproximado que tengas sobre población total del estudio que se pretende abordar. [24]



The image shows a web-based calculator titled "Calculadora de muestra". It has a light blue background. On the left side, there are three labels: "Nivel de confianza:", "Margen de Error:", and "Población:", each followed by a question mark icon. To the right of these labels are input fields. The "Nivel de confianza:" field has two radio buttons: "95%" (which is selected) and "99%". The "Margen de Error:" field contains the number "5". The "Población:" field contains the number "408". Below these fields are two buttons: an orange "Limpiar" button and a blue "Calcular Muestra" button. At the bottom of the form, there is a label "Tamaño de Muestra:" followed by an input field containing the number "199".

Figura 26: Calculadora de espacio Muestral.

Al seleccionar una población de 408, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, el tamaño de la muestra obtenido será de 199.

#### **5.1.6. Análisis de Demanda.**

Es el proceso de entender la demanda de los consumidores hacia un producto o servicio específico para así obtener los resultados esperados [25]

Se utiliza para tener una base en la toma de decisiones de las empresas y de los clientes, proporcionan una mayor comprensión de los mercados, para saber qué tipo de ofertas lanzar, permiten conocer si se obtendrán las ganancias esperadas.

[25]

Mediante las encuestas realizadas, se pudo constatar la aceptación del proyecto de los posibles clientes finales de acuerdo a sus respuestas, se obtuvieron los siguientes resultados.

¿Cuántas personas compone su núcleo familiar?

R= la media fue de 5 por familia.

Nota: Hubo familias de 2 personas y hasta de más de 7.

¿Cuántas personas de su núcleo familiar se encuentran trabajando en estos momentos?

R= la media fue de 3 personas por familia.

Nota: hubo familias que solo un familiar trabaja y hasta 4.

¿Consta con los servicios de cable tv e internet?

Tabla 4: Servicio de TV cable e internet

| <b>Consta con los servicios de cable tv internet</b> |    |    |
|--|----|----|
| Zona de Encuesta                                     | SI | NO |
| Chiquilistagua                                       | 20 | 27 |
| Planetarium  | 12 | 16 |
| Residencial Cedro Galán                              | 13 | 10 |
| Cumbre de Cedro Galán                                | 58 | 43 |

¿Puede decirnos a través de que medio les ofrecen el servicio de internet?

Tabla 5: Tipos de medios

| <b>Medio Encontrados de los Proveedores de Cable tv e Internet</b> |    |
|--|----|
| Fibra Óptica   | 0  |
| ADSL   | 40 |
| HFC  | 52 |
| WIMAX (Radio enlace)   | 11 |

¿Estaría dispuesto a contratar un servicio de cable tv e internet a través de fibra óptica?

Tabla 6: Contratación de posibles clientes

| <b>Estaría Dispuesto a Contratar un Servicio e Cable Tv e Internet a Través de Fibra Óptica.</b> |    |    |
|--|----|----|
| Zona de Encuesta   | SI | NO |
| Chiquilistagua   | 35 | 12 |
| Planetarium  | 20 | 8  |
| Residencial cedro galán  | 17 | 6  |
| Cumbre de cedro galán  | 77 | 24 |

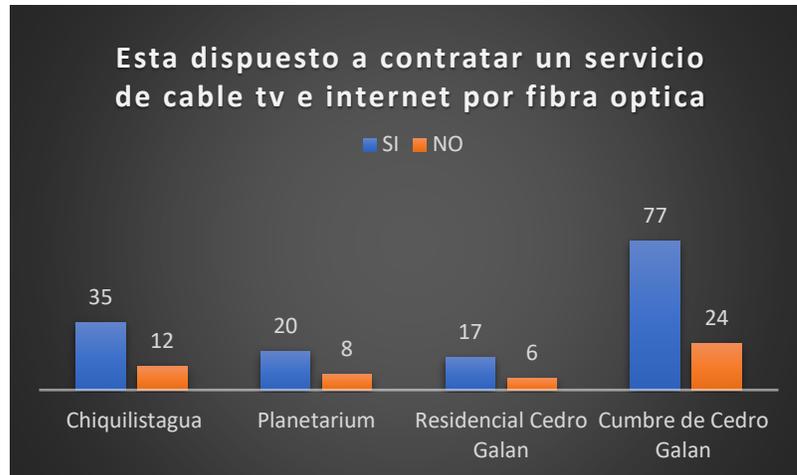


Figura 27: Grafica de posible contratación del servicio.

De acuerdo a la encuesta se han ofrecido 5 tipos de planes, los cuales se les han planteado a los posibles clientes finales, si se adecuan a su bolsillo y de ser así cual estarían dispuesto a contratar.

Se obtuvieron los siguientes resultados.

- De un total de 199 personas encuestadas,
- 50 respuestas negativas del servicio
- 149 respuesta positiva

Tabla 7: Tipos de Planes por Clientes.

| Tipos de planes | Posibles clientes finales |
|-----------------|---------------------------|
| A= \$36.99      | 59                        |
| B= \$ 44.99     | 44                        |
| C= \$ 47.99     | 20                        |
| D= \$ 55.99     | 16                        |
| E= \$ 99.99     | 10                        |

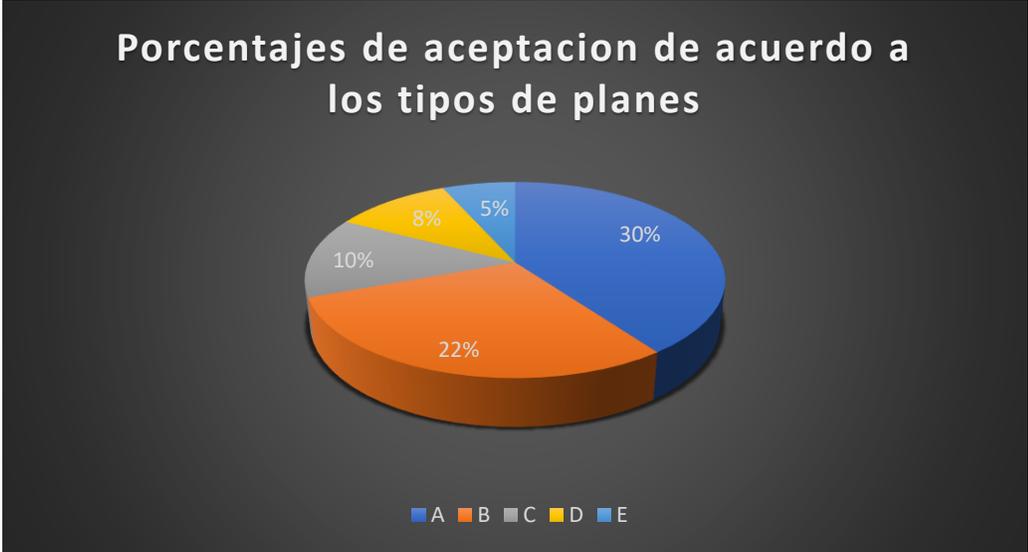


Figura 28: Grafica de aceptación de acuerdo a los planes.

De acuerdo a la figura 28 y 29 podemos observar la aceptación de los posibles usuarios de TV cable e internet de manera positivo al proyecto y a los tipos de planes que se ofrecerán, de acuerdo a su categoría.



Figura 29: Grafica de posibles clientes por planes.

## **VI. Capítulo 3.**

### **6.1. Diseño de la Red**

El diseño de redes cubre todos los aspectos de la infraestructura de comunicaciones, lo cual incluye redes cableadas o inalámbricas, digitales o analógicas, virtuales o físicas, de área local o de área amplia, móviles/celulares y cualquier otro protocolo y escala de operación definidos.

#### ***6.1.1. Diseño de Redes: Nivel 3***

Especifica las configuraciones técnicas y los componentes necesarios para una red pequeña o un segmento de red en infraestructuras más complejas. Sigue las arquitecturas y las normas organizativas.

#### ***6.1.2. Topologías***

La topología física de una red se refiere a todos sus componentes y a cómo están interconectados. En redes PON, la variación en el posicionamiento de los splitters define 3 diferentes topologías básicas: Centralizadas, convergencia local y Distribuida

#### ***6.1.3. Centralizadas***

Es un enfoque que usa divisores de una sola etapa, ubicados en un HUB central, que emplea una topología en estrella o en cadena. Esta topología proporciona

mayor flexibilidad en la gestión de conexiones de los suscriptores y en los dispositivos conectados. [19]

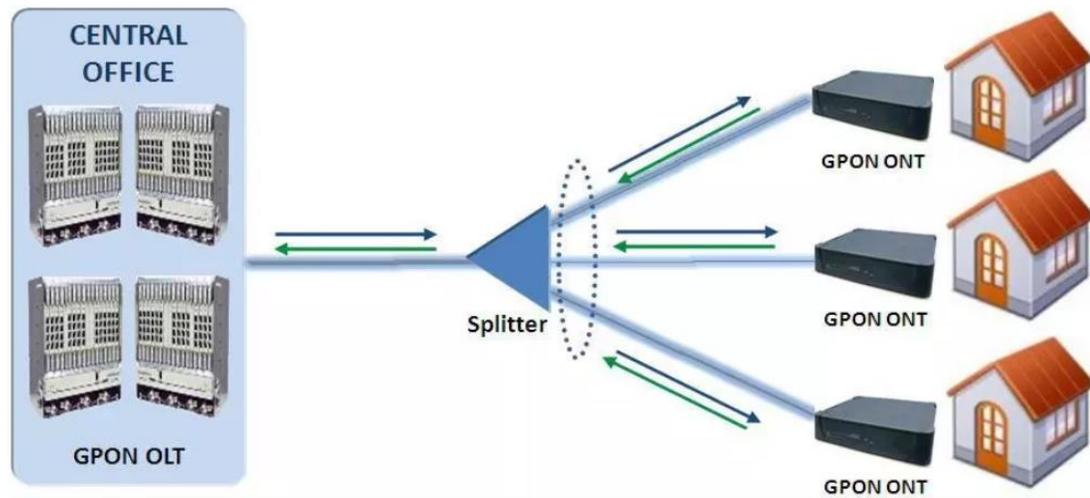


Figura 30: Red Centralizada. [19]

Tabla 8: Ventajas y Desventajas. [19]

| Ventajas   | Desventajas  |
|--|--|
| Fibra dedicada para cada abonado desde la central      | Alta inversión inicial (red óptica y servicios de instalación) |
| Facilidad de ampliación del ancho de banda por usuario | Alta ocupación de infraestructura                              |

### 6.1.4. Convergencia Local

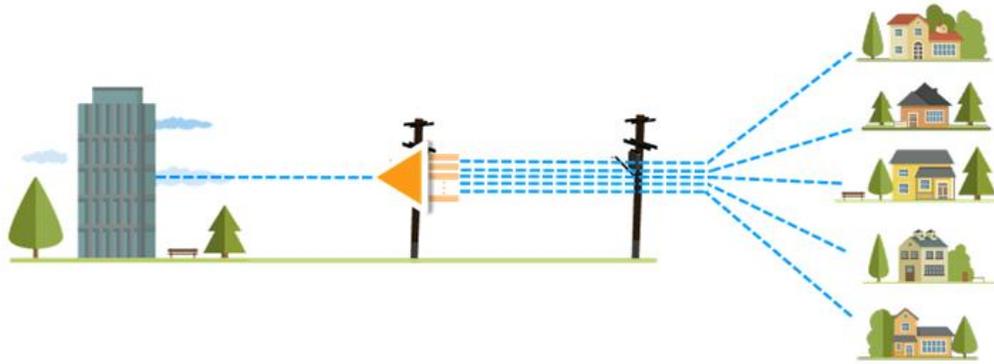


Figura 31: Convergencia Local

Tabla 9: Convergencia Local.

| Convergencia local  |  |
|---|--|
| Ventajas  | Desventajas  |
| Fibra dedicada para cada abonado a partir del punto de convergencia local                                   | Puntos adicionales para realizar la activación, remoción o reubicación de abonados (maniobras) |
| Optimización de la red óptica entre la central y el punto de convergencia (menos fibras en la red primaria) | Gran cantidad de fibras en la red de distribución  |
| Crecimiento escalonado de equipos y componentes pasivos (buen aprovechamiento de los puertos de activos)    |  |

### 6.1.5. Distribuida

Esta topología puede usar un divisor 1x4 que resida en una caja en la planta externa, conectado directamente a un puerto de la OLT en la oficina central. Cada una de las cuatro fibras que salen de este divisor de etapa 1 es encaminada a una terminal de acceso que alberga un divisor 1x8 de etapa 2; de esta forma, habría un total de 32 fibras (4x8) llegando a 32 hogares. Con este tipo de arquitectura es posible tener más de dos etapas de división en un sistema en cascada, y la relación de división total puede variar ( $1 \times 16 = 4 \times 4$ ,  $1 \times 32 = 4 \times 8$  o  $8 \times 4$ ,  $1 \times 64 = 4 \times 4 \times 4$ ).

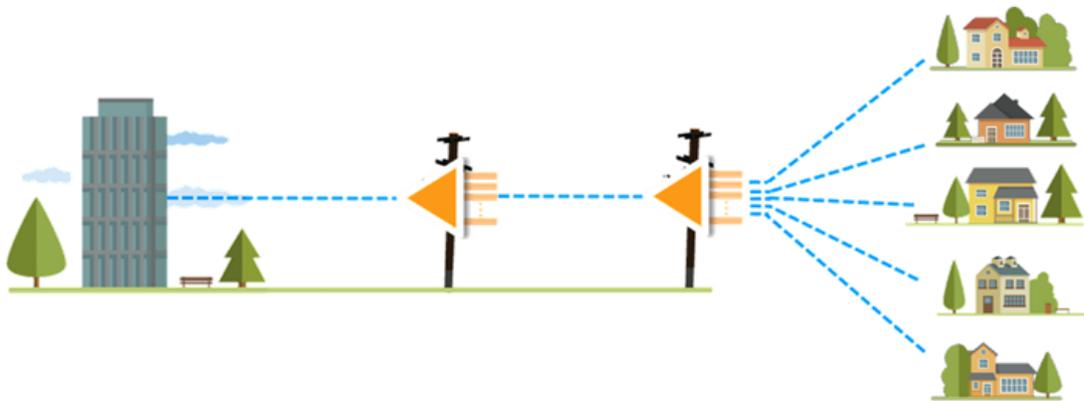


Figura 32: Red Distribuida.

Tabla 10: Red distribuida

| Distribuida                         |   |
|-------------------------------------|---|
| Ventajas                            | Desventajas   |
| Menor costo inicial de implantación | Red óptica rígida, requiere planificación cuidadosa                               |
| Red óptica mínima                   | Mayor dificultad para la localización de fallos en la red óptica (prueba de OTDR) |

### **6.1.6. Aplicaciones Para el Diseño.**

#### 1- Global Mapper:

Es una aplicación, que es capaz de mostrar, convertir y el analizar prácticamente cualquier tipo de datos geoespaciales ya sea en 2D o 3D, de una nube remota o local, de datos raster o vectoriales, archivo plano o base de datos espacial.

es una herramienta de gestión de datos espaciales que se adapta tanto a las necesidades de una empresa como a las de un SIG, y es una herramienta imprescindible para cualquiera que trabajo con mapas o datos espaciales.

Una de las características únicas y definitorias de Global Mapper es su extenso y variado soporte de formato de datos.

- Ofreciendo acceso directo a más de 300 tipos de datos ráster, vectoriales y de elevación, Global Mapper admite prácticamente todos los tipos de datos geoespaciales desde el primer momento, sin necesidad de complementos. Con la adición continua de formatos nuevos y modificados, puede estar seguro de que el software nunca estará desactualizado con sus datos.
- Los datos vectoriales, ráster y de elevación se pueden exportar en prácticamente todos los formatos de archivo comunes, así como en muchos tipos propietarios. Durante la exportación, los datos se pueden dividir en mosaicos en archivos más pequeños o más manejables, o el área de exportación se puede recortar en un área definida o en la extensión de la vista de pantalla actual.

- La nueva capacidad de transferencia de datos directa inalámbrica permite compartir fácilmente datos, exportar archivos y plantillas de funciones desde la versión de escritorio de Global Mapper a Global Mapper Mobile, una aplicación móvil, disponible en iOS y Android, para llevar datos al campo como referencia. y recopilación de datos con GPS

## 2- Autodesk AutoCAD:

- Es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) que se utiliza para dibujar, diseñar y modelar en 2D y 3D de forma precisa con sólidos, superficies, objetos de malla, funciones de documentación, etc.
- Proporciona una amplia biblioteca con miles de características y objetos de construcción predefinidos para dibujos, documentación y planificaciones

### ***6.1.7. Ubicación de la Infraestructura de la Red.***

Esta red que se diseñó pensando en cliente tanto residencial como clientes corporativos iniciando de la OLT Ticomo ubicada en San Patricio con una extensión aproximada de 12 km, realizando recorrido en un cable troncal de 48 hilos hasta las comunidades de Residencia Cedro Galán, Planetario, Chiquilistagua y cumbre de cedro Galán, los postes de toda la red cuentan con una altura entre 8 y 9 metros y una distancia de 40 a 60 metros entre poste.

Tabla 11: Ubicación de NAP Coordenadas XY

| MINI HUB        |            |        | NAP            |         | DISTANCIA | RESUPUESTO OPTIC |           | COORDENADAS |         |
|-----------------|------------|--------|----------------|---------|-----------|------------------|-----------|-------------|---------|
| BARRIO          | NOMBRE     | SALIDA | CODIGO         | PUERTOS |           | 1550             | 1310      | X           | Y       |
| PLANETARIUM     | HTC01-MH05 | P01    | HTC01-MH05-A01 | 8       | 8375      | -20.29375        | -21.13125 | 569486.6    | 1335617 |
|                 |            |        | HTC01-MH05-A02 | 8       | 8525      | -22.83125        | -23.68375 | 569592.7    | 1335704 |
|                 |            |        | HTC01-MH05-A03 | 8       | 8825      | -25.40625        | -26.28875 | 569619.2    | 1335567 |
|                 |            | P02    | HTC01-MH05-A04 | 8       | 9025      | -21.95625        | -22.85875 | 569553.2    | 1335463 |
|                 |            |        | HTC01-MH05-B01 | 8       | 8475      | -20.31875        | -21.16625 | 569327.8    | 1335494 |
|                 |            |        | HTC01-MH05-B02 | 8       | 8775      | -22.89375        | -23.77125 | 569465.9    | 1335495 |
| CHIQUILISTAGUAS | HTC01-MH06 | P01    | HTC01-MH06-A01 | 8       | 7348      | -20.037          | -20.7718  | 569726.4    | 1336517 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-A02 | 8       | 7548      | -22.587          | -23.3418  | 569550.6    | 1336647 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-A03 | 8       | 7848      | -25.162          | -25.9468  | 569543.7    | 1336545 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-A04 | 8       | 8148      | -21.737          | -22.5518  | 569594.2    | 1336400 |
|                 |            | P02    | HTC01-MH06-B01 | 8       | 7398      | -20.0495         | -20.7893  | 570104.2    | 1336192 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-B02 | 8       | 7548      | -22.587          | -23.3418  | 570010.4    | 1336237 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-B03 | 8       | 7748      | -25.137          | -25.9118  | 569861.2    | 1336300 |
|                 |            |        | HTC01-MH06-B04 | 8       | 7898      | -21.6745         | -22.4643  | 569793.2    | 1336224 |
| PLANETARIUM     | HTC01-MH07 | P01    | HTC01-MH07-A01 | 8       | 6214      | -19.5535         | -20.1749  | 569954.4    | 1336406 |
|                 |            |        | HTC01-MH07-A02 | 8       | 6314      | -22.0785         | -22.7099  | 570041.6    | 1336505 |
|                 |            |        | HTC01-MH07-A03 | 8       | 6614      | -24.6535         | -25.3149  | 570163.4    | 1336641 |
|                 |            |        | HTC01-MH07-A04 | 8       | 6914      | -21.2285         | -21.9199  | 570201.7    | 1336684 |

Tabla 12: Ubicación de NAP Coordenadas XY

|                         |             |     |                 |   |      |           |           |          |         |
|-------------------------|-------------|-----|-----------------|---|------|-----------|-----------|----------|---------|
| RESIDENCIAL CEDRO GALAN | HTC01-MH08  | P01 | HTC01-MH08-A01  | 8 | 5228 | -19.207   | -19.7298  | 570815   | 1336951 |
|                         |             |     | HTC01-MH08-A02  | 8 | 5628 | 14.993    | 14.4302   | 570849.4 | 1336989 |
|                         |             |     | HTC01-MH08-A03  | 8 | 5928 | 12.118    | 11.5252   | 570813.4 | 1337303 |
|                         |             | P02 | HTC01-MH08-B01  | 8 | 5278 | 13.7805   | 13.2527   | 570961.8 | 1337416 |
|                         |             |     | HTC01-MH08-B02  | 8 | 5578 | 15.0055   | 14.4477   | 570963.9 | 1337416 |
| CUMBRES DE CEDRO GALAN  | HTC01-MH009 | P01 | HTC01-MH009-A01 | 8 | 6543 | -19.53575 | -20.19005 | 571643.2 | 1337601 |
|                         |             |     | HTC01-MH009-A02 | 8 | 6743 | -22.08575 | -22.76005 | 571655.4 | 1337648 |
|                         |             |     | HTC01-MH009-A03 | 8 | 6943 | -24.63575 | -25.33005 | 571577.8 | 1337759 |
|                         |             |     | HTC01-MH009-A04 | 8 | 7043 | -21.16075 | -21.86505 | 571692.1 | 1337812 |
|                         |             | P02 | HTC01-MH009-B01 | 8 | 6293 | -19.47325 | -20.10255 | 571604.8 | 1337421 |
|                         |             |     | HTC01-MH009-B02 | 8 | 6493 | -22.02325 | -22.67255 | 571573.5 | 1337552 |
|                         |             |     | HTC01-MH009-B03 | 8 | 6643 | -20.46075 | -21.12505 | 571533.1 | 1337708 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-A01 | 8 | 5480 | -19.17    | -19.718   | 572408.3 | 1337083 |
| CUMBRES DE CEDRO GALAN  | HTC01-MH010 | P01 | HTC01-MH010-A02 | 8 | 5580 | -21.695   | -22.253   | 572309   | 1337056 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-A03 | 8 | 5780 | -24.245   | -24.823   | 572220.2 | 1337096 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-A04 | 8 | 5930 | -20.7825  | -21.3755  | 572195.4 | 1337053 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-B01 | 8 | 5380 | -19.145   | -19.683   | 572489.5 | 1337219 |
|                         |             | P02 | HTC01-MH010-B02 | 8 | 5530 | -21.6825  | -22.2355  | 572452.9 | 1337120 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-B03 | 8 | 5680 | -24.22    | -24.788   | 572346.9 | 1337139 |
|                         |             |     | HTC01-MH010-B04 | 8 | 5830 | -20.7575  | -21.3405  | 572228.8 | 1337131 |

Tabla 13: Ubicación de NAP Coordenadas XY

|                        |             |     |                 |   |      |           |           |          |         |
|------------------------|-------------|-----|-----------------|---|------|-----------|-----------|----------|---------|
| CUMBRES DE CEDRO GALAN | HTC01-MH011 | P01 | HTC01-MH011-A01 | 8 | 4961 | -18.94025 | -19.43635 | 571760.2 | 1337299 |
|                        |             |     | HTC01-MH011-A02 | 8 | 5361 | -21.54025 | -22.07635 | 572062.4 | 1337254 |
|                        |             |     | HTC01-MH011-A03 | 8 | 5561 | -19.99025 | -20.54635 | 571974.3 | 1337558 |
| CUMBRES DE CEDRO GALAN | HTC01-MH012 | P01 | HTC01-MH012-A01 | 8 | 4719 | -18.97975 | -19.45165 | 572435.4 | 1338101 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-A02 | 8 | 4769 | -21.49225 | -21.96915 | 572240.2 | 1338025 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-A03 | 8 | 4819 | -24.00475 | -24.48665 | 572137.6 | 1337982 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-A04 | 8 | 4869 | -20.51725 | -21.00415 | 572022.2 | 1337937 |
|                        |             | P02 | HTC01-MH012-B01 | 8 | 4719 | -18.97975 | -19.45165 | 571687   | 1337579 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-B02 | 8 | 4819 | -21.50475 | -21.98665 | 571734.1 | 1337633 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-B03 | 8 | 4919 | -24.02975 | -24.52165 | 571850.4 | 1337666 |
|                        |             |     | HTC01-MH012-B04 | 8 | 5069 | -20.56725 | -21.07415 | 571971.9 | 1337784 |

Las Tablas # 11, 12 y 13, se da a conocer la ubicación en coordenadas XY y la respectiva perdida que entrega cada NAP, su distancia en fibra tomando de partida la OLT de dependencia y la cantidad de puertos de acceso por NAP para brindar el servicio a futuros clientes.

NOTA: Para poder observar las coordenadas en formato decimal se puede buscar en la web diferentes calculadoras de conversión a este sistema de coordenadas.

### 6.1.8. Construcción del Diseño en la Aplicación.

- Para la red se utilizó la nomenclatura HTC01 haciendo referencia a ubicación del sector de Ticomo con el número de crecimiento de la red.



- Figura 33: Ubicación de puntos de la red en AutoCAD
- Para la posterias del proyecto se utilizaron un total de 268 poste de los cuales 89 postes eran nueva instalación y 179 existentes, 2 poste nuevo del tipo 9/120, 87 poste nuevos del tipo 8/90 y existente 104, 75 poste tipo tubular ya existente, de las posterias se utilizó la Nomenclatura para referenciar en el diseño con la letra A-NUMERO.

- Para los mini Hub se utilizaron un total de 8 mini hub de los cuales todos son instalaciones nuevas, para dichos mini hub se utilizó la nomenclatura para referenciar en el diseño las letras MH seguido del número. Ejemplo: **HTC01-MH008**.

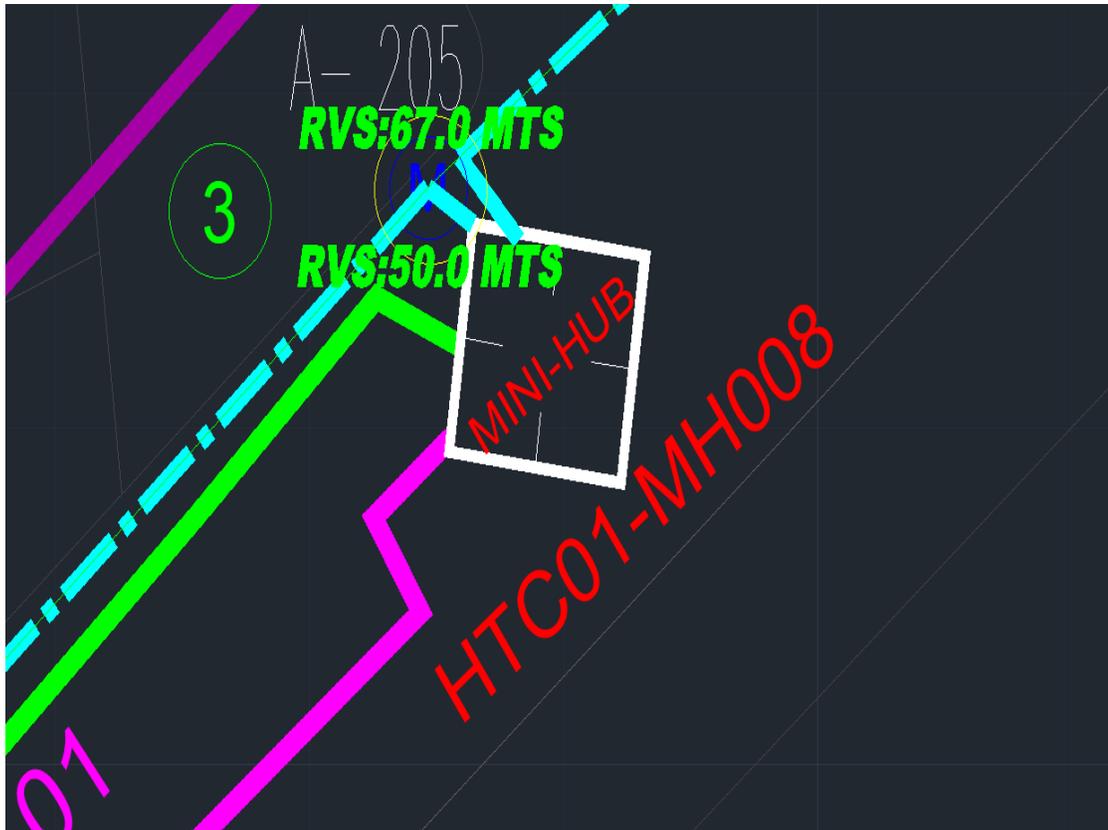


Figura 34: Ubicación de los Mini Hub en AutoCAD.

- Para los NAP de transición y terminales se ocuparon un total de 51, de los cuales todos son instalaciones nuevas, para dichos NAP se utilizó la nomenclatura para referenciar en el diseño las letras A o B para diferenciar el ala de salida del mini hub más el número de referencia. ejemplo. HTC01-MH008- A01 o HTC01-MH008-B01.

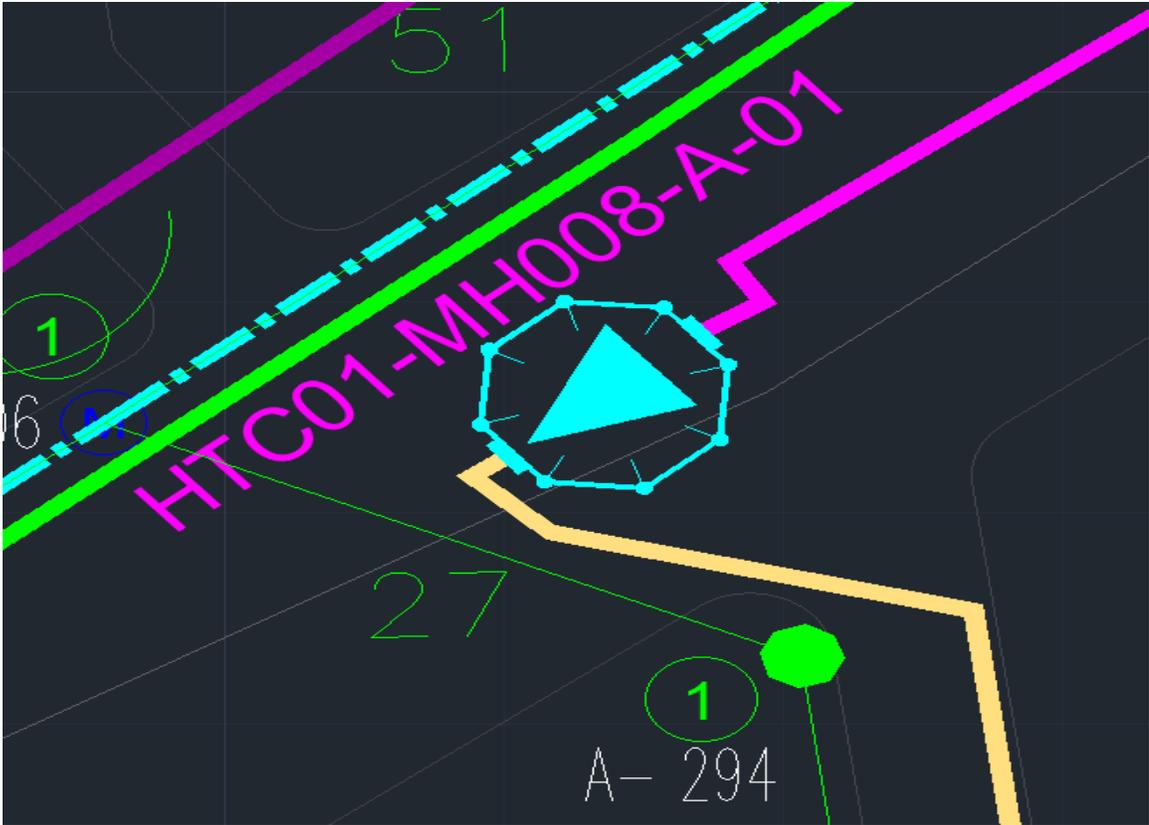


Figura 35: Ubicación de los NAPs en AutoCAD.

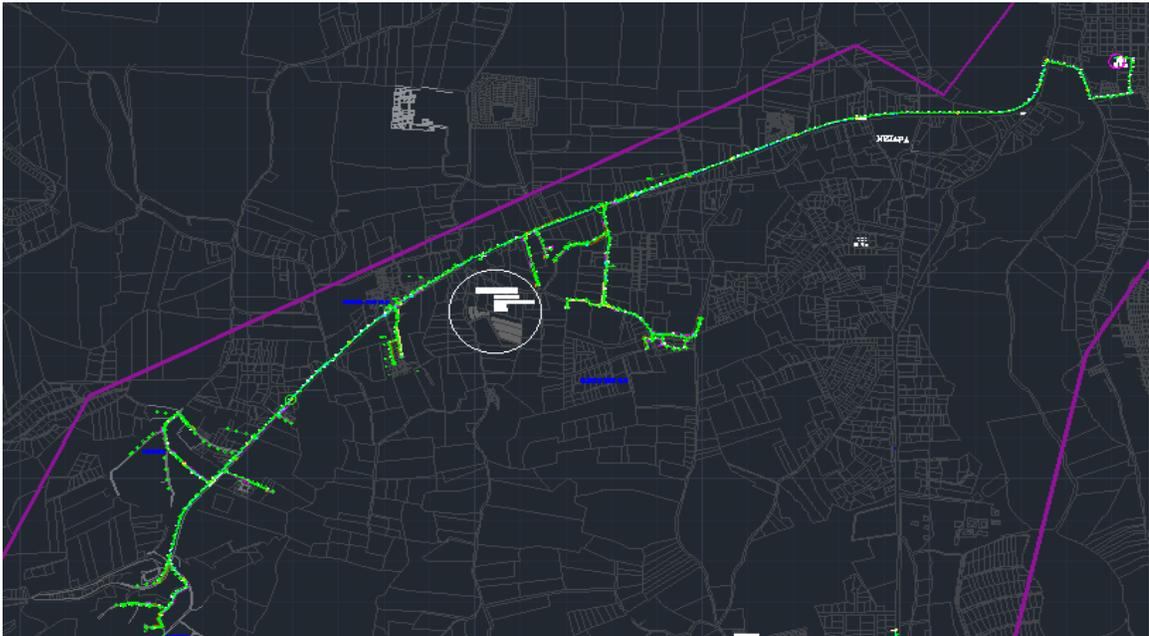


Figura 36: Diseño de la red GPON AutoCAD.

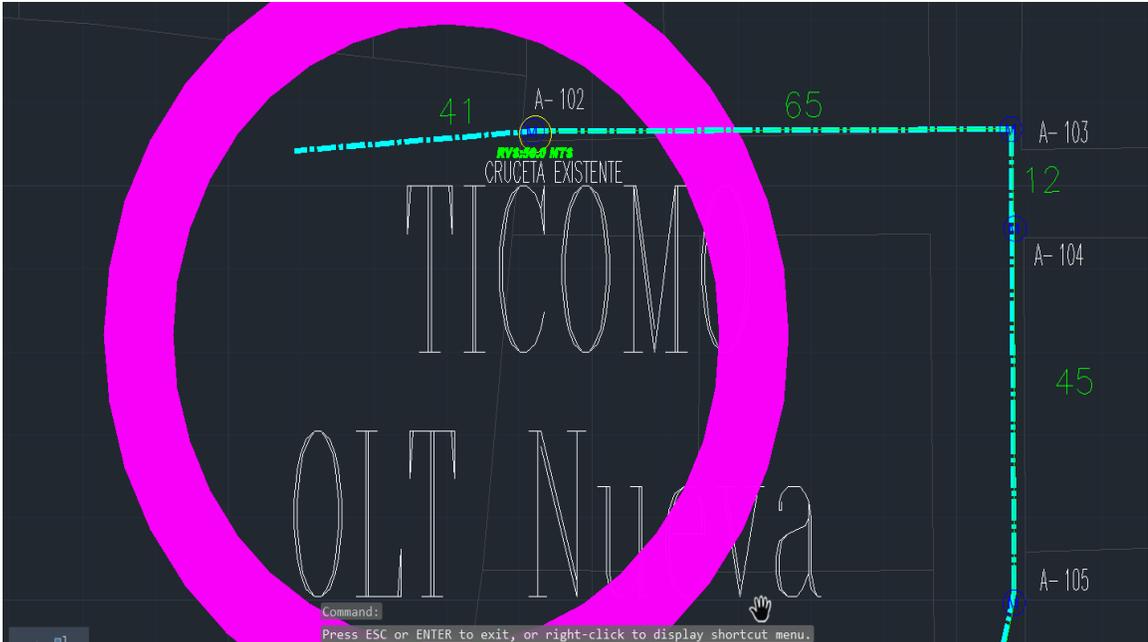


Figura 37: Diseño de la red GPON AutoCAD.

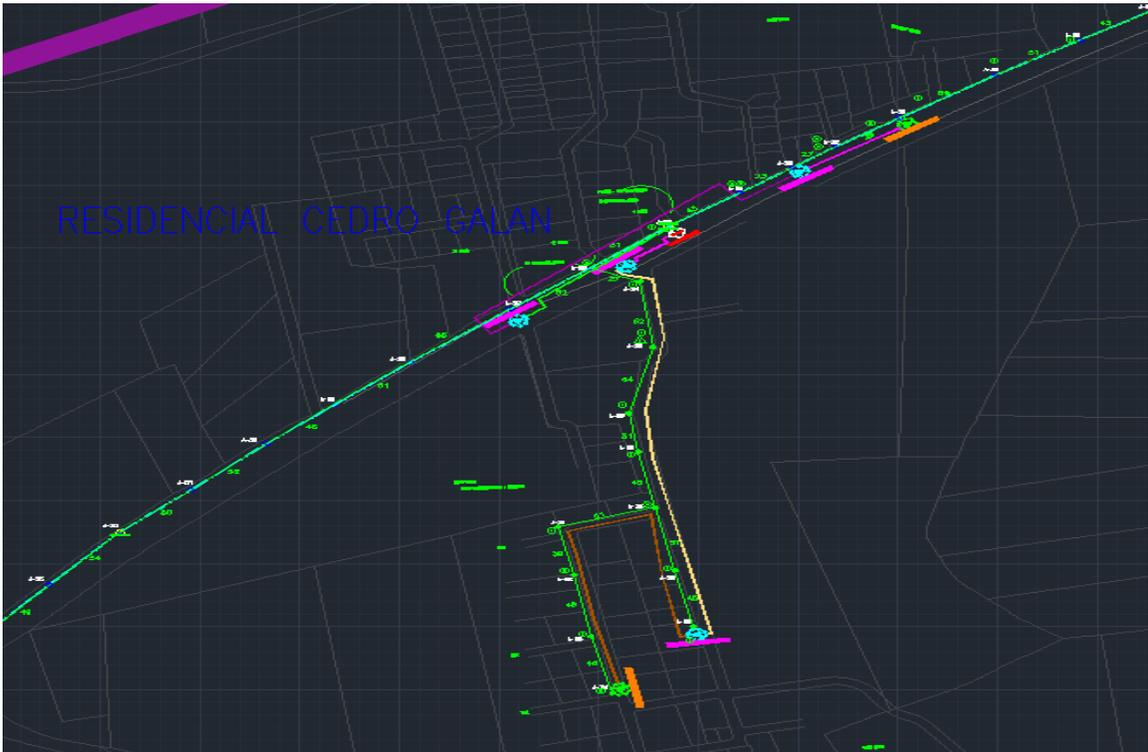


Figura 38: Diseño de la red GPON AutoCAD (Residencial Cedro Galán).

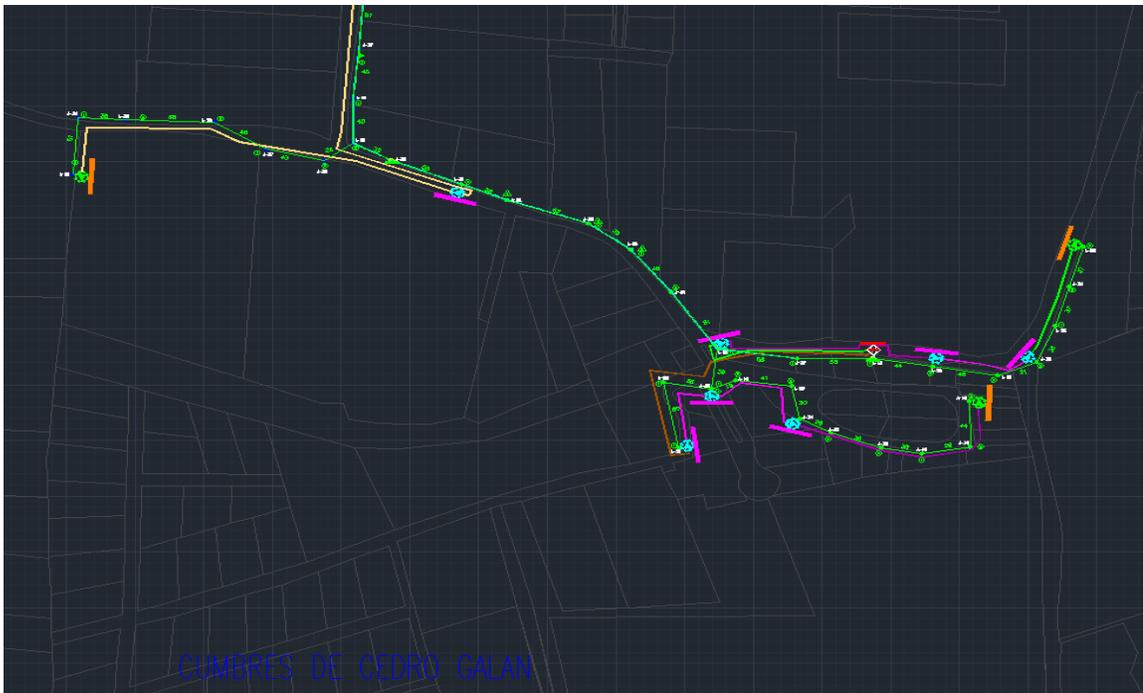


Figura 39: Diseño de la red GPON AutoCAD (Cumbres Cedro Galán).

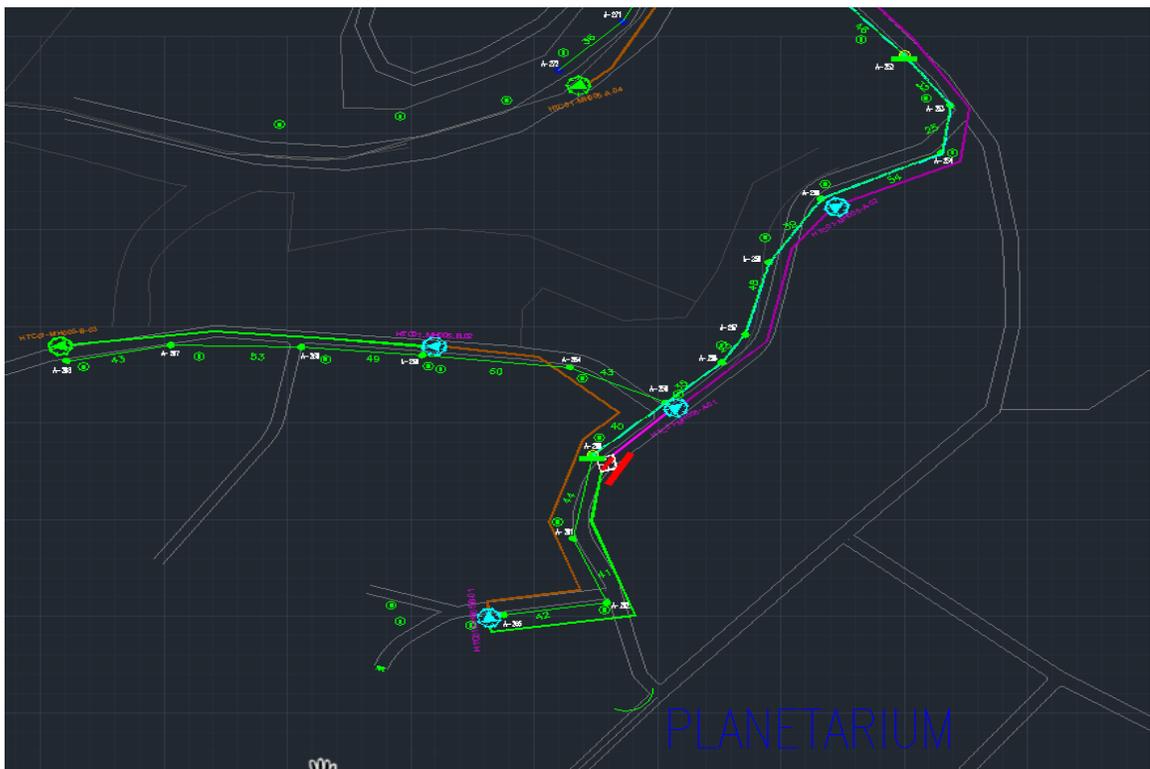


Figura 40: Diseño de la red GPON AutoCAD (Planetarium).

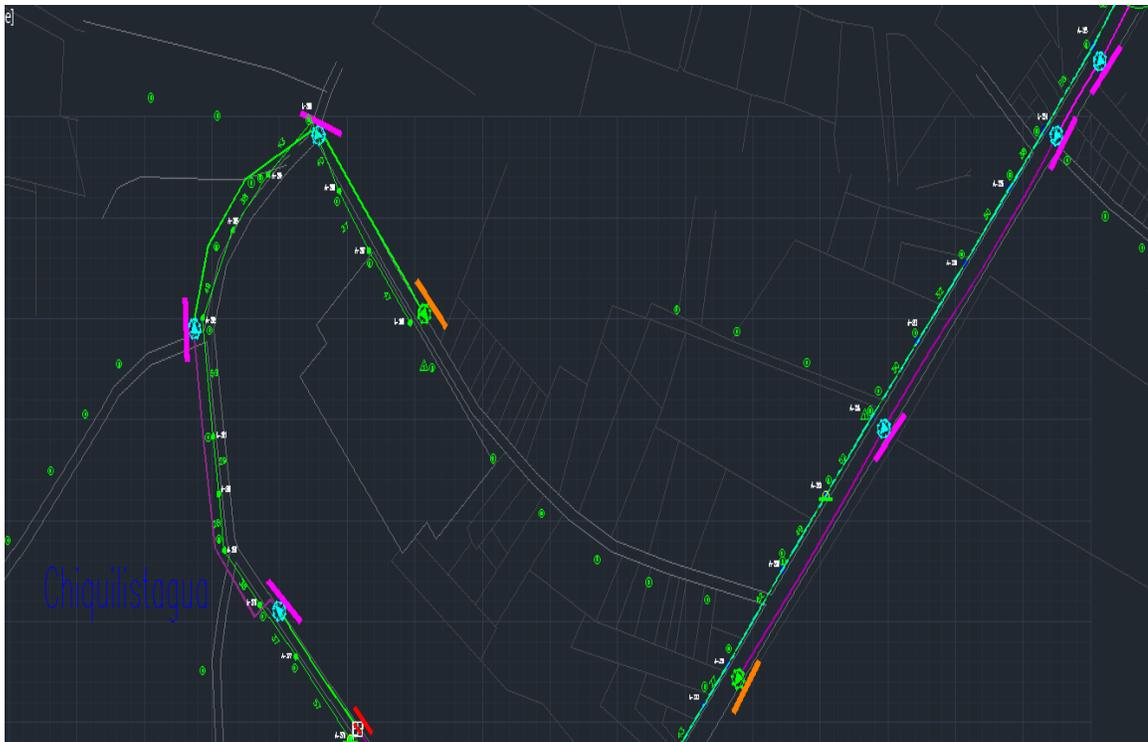


Figura 41: Diseño de la red GPON AutoCAD (Chiquilistagua).

Tabla 14: Distribución de NAPS.

| Red Ticomo (HTC01)      |               |                      |
|-------------------------|---------------|----------------------|
| Zona                    | NAP Instalado | Cantidad de Clientes |
| Zona Chiquilistagua     | 12 NAP        | 96                   |
| Planetarium             | 7 NAP         | 56                   |
| Residencial Cedro Galán | 6 NAP         | 48                   |
| Cumbre de Cedro Galán   | 26 NAP        | 208                  |

## **VII. Capítulo 4.**

### **7.1. Requerimiento Económico.**

Entendemos por requerimiento económicos a los recursos de capital que se necesitaran para iniciar la inversión en el proyecto y a su vez emplear de manera más excelentes.

### **7.2. Definición de Inversión.**

Es la inyección de capital o recursos (tiempo, capital, tierra o trabajo) para obtener ganancias (o renta) futuras. Es decir, con esta colocación se está haciendo un esfuerzo al renunciar a los beneficios presentes para lograr así beneficios futuros.

#### **7.2.1. Tipos de Inversión.**

Definición de préstamo bancario:

Un préstamo bancario es la operación mediante la cual la entidad financiera pone a disposición del cliente una determinada cantidad de dinero, estipulada previamente, mediante un contrato con el que dicho cliente adquiere la obligación de devolver el dinero en un tiempo delimitado. De manera habitual, a la cantidad de dinero prestada por el banco se le añaden unos intereses que también hay que devolver, y que variarán en función del tipo de préstamo solicitado.

Para este proyecto se realizó un préstamo en una identidad bancaria para cubrir las necesidades del proyecto y así llevarlo a cabo en su totalidad, en el cual describimos a continuación.

Tabla 15: Detalles de Préstamo personal.

| Detalles de Préstamo Personal |               |
|-------------------------------|---------------|
| Préstamo                      | \$ 75,000.00  |
| Interés                       | 27%           |
| Plazo en meses                | 48            |
| Fecha de apertura             | 16/1/2023     |
| Cuota a pagar                 | \$ 2,571.17   |
| Total en Interés              | \$ 48,416.38  |
| Totalidad de pago             | \$ 123,416.38 |
| Seguro                        | \$ 2,582.21   |

| N° | Fecha de pagos | Cuota        | Seguro      | Pago Mensual  | Interes     | Principal   | Balance     |
|----|----------------|--------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| 0  |                |              |             |               |             |             | \$75,000.00 |
| 1  | 25/1/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 90.00    | \$ 2,661.17   | \$ 1,687.50 | \$ 883.67   | \$74,116.33 |
| 2  | 25/2/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 88.94    | \$ 2,660.11   | \$ 1,667.62 | \$ 903.56   | \$73,212.77 |
| 3  | 25/3/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 87.86    | \$ 2,659.03   | \$ 1,647.29 | \$ 923.89   | \$72,288.88 |
| 4  | 25/4/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 86.75    | \$ 2,657.92   | \$ 1,626.50 | \$ 944.67   | \$71,344.21 |
| 5  | 25/5/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 85.61    | \$ 2,656.79   | \$ 1,605.24 | \$ 965.93   | \$70,378.28 |
| 6  | 25/6/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 84.45    | \$ 2,655.63   | \$ 1,583.51 | \$ 987.66   | \$69,390.61 |
| 7  | 25/7/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 83.27    | \$ 2,654.44   | \$ 1,561.29 | \$ 1,009.89 | \$68,380.73 |
| 8  | 25/8/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 82.06    | \$ 2,653.23   | \$ 1,538.57 | \$ 1,032.61 | \$67,348.12 |
| 9  | 25/9/2023      | \$ 2,571.17  | \$ 80.82    | \$ 2,651.99   | \$ 1,515.33 | \$ 1,055.84 | \$66,292.28 |
| 10 | 25/10/2023     | \$ 2,571.17  | \$ 79.55    | \$ 2,650.73   | \$ 1,491.58 | \$ 1,079.60 | \$65,212.68 |
| 11 | 25/11/2023     | \$ 2,571.17  | \$ 78.26    | \$ 2,649.43   | \$ 1,467.29 | \$ 1,103.89 | \$64,108.79 |
| 12 | 25/12/2023     | \$ 2,571.17  | \$ 76.93    | \$ 2,648.11   | \$ 1,442.45 | \$ 1,128.73 | \$62,980.06 |
| 13 | 25/1/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 75.58    | \$ 2,646.75   | \$ 1,417.05 | \$ 1,154.12 | \$61,825.94 |
| 14 | 25/2/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 74.19    | \$ 2,645.37   | \$ 1,391.08 | \$ 1,180.09 | \$60,645.85 |
| 15 | 25/3/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 72.78    | \$ 2,643.95   | \$ 1,364.53 | \$ 1,206.64 | \$59,439.21 |
| 16 | 25/4/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 71.33    | \$ 2,642.50   | \$ 1,337.38 | \$ 1,233.79 | \$58,205.41 |
| 17 | 25/5/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 69.85    | \$ 2,641.02   | \$ 1,309.62 | \$ 1,261.55 | \$56,943.86 |
| 18 | 25/6/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 68.33    | \$ 2,639.51   | \$ 1,281.24 | \$ 1,289.94 | \$55,653.92 |
| 19 | 25/7/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 66.78    | \$ 2,637.96   | \$ 1,252.21 | \$ 1,318.96 | \$54,334.96 |
| 20 | 25/8/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 65.20    | \$ 2,636.38   | \$ 1,222.54 | \$ 1,348.64 | \$52,986.32 |
| 21 | 25/9/2024      | \$ 2,571.17  | \$ 63.58    | \$ 2,634.76   | \$ 1,192.19 | \$ 1,378.98 | \$51,607.34 |
| 22 | 25/10/2024     | \$ 2,571.17  | \$ 61.93    | \$ 2,633.10   | \$ 1,161.17 | \$ 1,410.01 | \$50,197.33 |
| 23 | 25/11/2024     | \$ 2,571.17  | \$ 60.24    | \$ 2,631.41   | \$ 1,129.44 | \$ 1,441.73 | \$48,755.60 |
| 24 | 25/12/2024     | \$ 2,571.17  | \$ 58.51    | \$ 2,629.68   | \$ 1,097.00 | \$ 1,474.17 | \$47,281.42 |
| 25 | 25/1/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 56.74    | \$ 2,627.91   | \$ 1,063.83 | \$ 1,507.34 | \$45,774.08 |
| 26 | 25/2/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 54.93    | \$ 2,626.10   | \$ 1,029.92 | \$ 1,541.26 | \$44,232.82 |
| 27 | 25/3/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 53.08    | \$ 2,624.25   | \$ 995.24   | \$ 1,575.94 | \$42,656.89 |
| 28 | 25/4/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 51.19    | \$ 2,622.36   | \$ 959.78   | \$ 1,611.39 | \$41,045.49 |
| 29 | 25/5/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 49.25    | \$ 2,620.43   | \$ 923.52   | \$ 1,647.65 | \$39,397.84 |
| 30 | 25/6/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 47.28    | \$ 2,618.45   | \$ 886.45   | \$ 1,684.72 | \$37,713.12 |
| 31 | 25/7/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 45.26    | \$ 2,616.43   | \$ 848.55   | \$ 1,722.63 | \$35,990.49 |
| 32 | 25/8/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 43.19    | \$ 2,614.36   | \$ 809.79   | \$ 1,761.39 | \$34,229.10 |
| 33 | 25/9/2025      | \$ 2,571.17  | \$ 41.07    | \$ 2,612.25   | \$ 770.15   | \$ 1,801.02 | \$32,428.08 |
| 34 | 25/10/2025     | \$ 2,571.17  | \$ 38.91    | \$ 2,610.09   | \$ 729.63   | \$ 1,841.54 | \$30,586.54 |
| 35 | 25/11/2025     | \$ 2,571.17  | \$ 36.70    | \$ 2,607.88   | \$ 688.20   | \$ 1,882.98 | \$28,703.56 |
| 36 | 25/12/2025     | \$ 2,571.17  | \$ 34.44    | \$ 2,605.62   | \$ 645.83   | \$ 1,925.34 | \$26,778.21 |
| 37 | 25/1/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 32.13    | \$ 2,603.31   | \$ 602.51   | \$ 1,968.66 | \$24,809.55 |
| 38 | 25/2/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 29.77    | \$ 2,600.95   | \$ 558.21   | \$ 2,012.96 | \$22,796.59 |
| 39 | 25/3/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 27.36    | \$ 2,598.53   | \$ 512.92   | \$ 2,058.25 | \$20,738.34 |
| 40 | 25/4/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 24.89    | \$ 2,596.06   | \$ 466.61   | \$ 2,104.56 | \$18,633.78 |
| 41 | 25/5/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 22.36    | \$ 2,593.54   | \$ 419.26   | \$ 2,151.91 | \$16,481.86 |
| 42 | 25/6/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 19.78    | \$ 2,590.95   | \$ 370.84   | \$ 2,200.33 | \$14,281.53 |
| 43 | 25/7/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 17.14    | \$ 2,588.31   | \$ 321.33   | \$ 2,249.84 | \$12,031.69 |
| 44 | 25/8/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 14.44    | \$ 2,585.61   | \$ 270.71   | \$ 2,300.46 | \$ 9,731.23 |
| 45 | 25/9/2026      | \$ 2,571.17  | \$ 11.68    | \$ 2,582.85   | \$ 218.95   | \$ 2,352.22 | \$ 7,379.01 |
| 46 | 25/10/2026     | \$ 2,571.17  | \$ 8.85     | \$ 2,580.03   | \$ 166.03   | \$ 2,405.15 | \$ 4,973.86 |
| 47 | 25/11/2026     | \$ 2,571.17  | \$ 5.97     | \$ 2,577.14   | \$ 111.91   | \$ 2,459.26 | \$ 2,514.60 |
| 48 | 25/12/2026     | \$ 2,571.17  | \$ 3.02     | \$ 2,574.19   | \$ 56.58    | \$ 2,514.60 | \$ (0.00)   |
|    | Total          | \$123,416.38 | \$ 2,582.21 | \$ 125,998.59 | \$48,416.38 | \$75,000.00 |             |

Figura 42: Detalle de pago de préstamo en plazo

### 7.3. Estimación de Costo.

#### 1- Posterías.

- Objeto vertical que puede ser de concreto, metálico o madera que es utilizado como base para tendido eléctrico o de telecomunicaciones.

Tabla 16: Detalles de costo de postes.

| Postearías     |        |            |                  |               |
|----------------|--------|------------|------------------|---------------|
| Tipos de Poste | Nuevos | Existentes | Costo            | Costo total   |
| 9/120          | 2      | 0          | C\$10,609.33     | C\$21,218.66  |
| 8/90           | 87     | 104        | C\$3,962.42      | C\$344,730.28 |
| Poste Tubular  | 0      | 75         | C\$ -            | C\$ -         |
|                |        |            | Total            | C\$365,948.94 |
|                |        |            | Total en Divisas | \$ 10,026.00  |

#### 2- Elementos Pasivos

- Todos los elementos situados entre OLT y ON0054 (fibra óptica, splitters y conectores. etc.) son elementos pasivos, que no requieren alimentación eléctrica.

Tabla 17: Coste de elementos pasivos

| Elementos Pasivos |          |                |                  |               |
|-------------------|----------|----------------|------------------|---------------|
| Tipos             | Cantidad | Costo Unitario | Costo total      |               |
| Mini Hub          | 8        | C\$2,726.41    | C\$21,811.32     |               |
| NAP Transición    | 37       | C\$2,270.00    | C\$83,990.00     |               |
| NAP Terminal      | 14       | C\$1,760.00    | C\$24,640.00     |               |
|                   |          |                | Total            | C\$130,441.32 |
|                   |          |                | Total en Divisas | \$ 3,573.73   |

### 3- Herrajes

- Materiales metálicos utilizados para anclar, sujetar y tensar la Fibra Óptica entre las porterías de cada tramo su utilización depende del tipo de fibra.

Tabla 18: Coste de Herrajes.

| <b>Herrajes</b>      |                 |                   |                      |
|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| <b>Tipos</b>         | <b>Cantidad</b> | <b>Precio</b>     | <b>Coste total</b>   |
| Argolla de Remate    | 288             | C\$165.33         | C\$47,613.60         |
| Herraje sujeción ODN | 294             | C\$14.62          | C\$4,297.70          |
| Preformada ADSS      | 370             | C\$243.00         | C\$89,906.30         |
| Preformada ODN       | 324             | C\$47.70          | C\$15,455.25         |
| cinta band it        | 333             | C\$33.84          | C\$11,267.29         |
| hebillas             | 553             | C\$11.29          | C\$6,245.73          |
| Mordaza de Cruce     | 1               | C\$467.99         | C\$467.99            |
| CRUCETA              | 26              | C\$564.27         | C\$14,670.99         |
|                      |                 | <b>Total</b>      | <b>C\$189,924.86</b> |
|                      |                 | Total, en Divisas | \$ 5,203.42          |

### 4- Materiales Retenidas

- Materiales utilizados para evitar el desplome de posteria ocasionado por tensión de fibra en un Angulo contrario a la retenida instalada.

Tabla 19: Coste en Materiales Retenidas.

| <b>MATERIALES RETENIDAS</b> |                 |                       |                    |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Tipos</b>                | <b>Cantidad</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Costo total</b> |
| Base                        | 2               | C\$258.62             | C\$517.24          |
| Barra                       | 2               | C\$214.52             | C\$429.04          |
| Tensor gancho y ojo         | 2               | C\$305.21             | C\$610.41          |
| Guardacabo ½                | 2               | C\$19.19              | C\$38.37           |
| Preformada P/<br>Amarillo   | 5               | C\$55.89              | C\$279.47          |
| Cable de acero              | 27              | C\$18.97              | C\$512.11          |
| cinta band it               | 5               | C\$33.84              | C\$169.18          |
| hebillas                    | 8               | C\$11.29              | C\$90.35           |
| Brazo                       | 2               | C\$475.32             | C\$950.65          |
| <b>Total</b>                |                 |                       | <b>C\$3,596.83</b> |
| <b>Total en Divisas</b>     |                 |                       | <b>\$ 98.54</b>    |

Tabla 20: Coste de Fibra Óptica tramo de 48 hilos.

| <b>Tramos de Fibra Óptica de 48 Hilos</b> |              |                               |                           |                       |   |                      |
|---|--------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|---|----------------------|
| <b>Tramo</b>                              |              | <b>Distancia entre Postes</b> | <b>Reserva poste (ML)</b> | <b>Total F.O (ML)</b> | <b>Precio Unitario por metro lineal</b> | <b>Costo Total</b>   |
| <b>Desde</b>                              | <b>Hasta</b> |                               |                           |                       |   |                      |
| OLT TICOMO                                | A-180        | 3709                          | 550                       | 4259                  | C\$44.80                                | C\$190,803.20        |
| A-205(MH008)                              | A-222(MH007) | 838                           | 125                       | 963                   | C\$44.80                                | C\$43,142.40         |
| A-180(MH012)                              | A-205(MH008) | 1272                          | 242                       | 1514                  | C\$44.80                                | C\$67,827.20         |
| A-222(MH007)                              | A-260(MH005) | 1693                          | 305                       | 1998                  | C\$44.80                                | C\$89,510.40         |
| A-236                                     | A-276(MH006) | 195                           | 56                        | 251                   | C\$44.80                                | C\$11,244.80         |
| A-180(MH012)                              | A-338(MH010) | 1049                          | 200                       | 1249                  | C\$44.80                                | C\$55,955.20         |
|   |              |                               |                           |                       | <b>Total</b>                            | <b>C\$458,483.20</b> |
|   |              |                               |                           |                       | <b>Valor en Divisa</b>                  | <b>\$ 12,561.18</b>  |

Tabla 21: Coste de Fibra Óptica tramo de 8 hilos.

| <b>Tramos de Fibra Óptica de 8 Hilos</b> |  |                               |                           |                       |   |                    |
|--|--|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| <b>Tramo</b>                             |  | <b>Distancia entre Postes</b> | <b>Reserva poste (ML)</b> | <b>Total F.O (ML)</b> | <b>Precio Unitario por metro lineal</b> | <b>Costo Total</b> |
| <b>Desde</b>                             | <b>Hasta</b>                               |                               |                           |                       |   |                    |
| <b>Mufa 3A19 Hotel Nejapa</b>            | <b>Mufa Nueva de Continuidad MH01-MH04</b> | <b>10</b>                     | <b>50</b>                 | <b>60</b>             | <b>C\$19.53</b>                         | <b>C\$1,171.80</b> |
|  |  |                               |                           |                       | <b>Valor en Divisa</b>                  | <b>\$ 32.10</b>    |

Tabla 22: Coste de Cable Drops.

| <b>Cables Drop Preconectorizados FTTH</b> |                  |                     |                                    |                      |
|---|------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------|
| <b>Tipos de ODN</b>                       | <b>Instalado</b> | <b>Total de ODN</b> | <b>Costo por longitud de cable</b> | <b>Total</b>         |
| <b>ODN 50 M</b>                           | <b>1</b>         | <b>50</b>           | <b>C\$1,755.24</b>                 | <b>C\$1,755.24</b>   |
| <b>ODN 100M</b>                           | <b>12</b>        | <b>1200</b>         | <b>C\$2,100.00</b>                 | <b>C\$25,200.00</b>  |
| <b>ODN 150M</b>                           | <b>15</b>        | <b>2250</b>         | <b>C\$2,843.95</b>                 | <b>C\$42,659.21</b>  |
| <b>ODN 200M</b>                           | <b>13</b>        | <b>2600</b>         | <b>C\$4,885.18</b>                 | <b>C\$63,507.31</b>  |
| <b>ODN 300M</b>                           | <b>9</b>         | <b>2700</b>         | <b>C\$6,842.18</b>                 | <b>C\$61,579.66</b>  |
| <b>ODN 400M</b>                           | <b>4</b>         | <b>1600</b>         | <b>C\$8,559.92</b>                 | <b>C\$34,239.67</b>  |
| <b>Distancia total</b>                    |                  | <b>10400</b>        | <b>Total</b>                       | <b>C\$228,941.09</b> |
|   |                  |                     | <b>Valor en Divisas</b>            | <b>\$ 6,272.3585</b> |

#### 7.4. Viabilidad del Proyecto.

Tabla 23: Gasto del proyecto.

| <b>Gasto del Proyecto (Pasivos)</b> |                    |                                       |                     |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------|
| <b>Actividad</b>                    | <b>Costo total</b> | <b>Cantidad de meses</b>              | <b>Total</b>        |
| OLT (Equipos activos)               | \$ 1,500.00        | 1.00                                  | \$ 1,500.00         |
| Tramos de Fibra de 48 Hilos         | \$ 12,561.18       | 1.00                                  | \$ 12,561.18        |
| Tramos de Fibra Óptica de 8 Hilos   | \$ 32.10           | 1.00                                  | \$ 32.10            |
| Cables Drop Preconectorizados FTTH  | \$ 6,272.36        | 1.00                                  | \$ 6,272.36         |
| Posterías                           | \$ 10,026.00       | 1.00                                  | \$10,026.00         |
| Elementos Pasivos                   | \$ 3,573.73        | 1.00                                  | \$ 3,573.73         |
| Herrajes                            | \$ 5,203.42        | 1.00                                  | \$ 5,203.42         |
| Materiales retenidas                | \$ 98.54           | 1.00                                  | \$ 98.54            |
| Contratación de contrata            | \$ 20,152.15       | 1.00                                  | \$20,152.15         |
| Salario de Personal                 | \$ 1,232.87        | 4.00                                  | \$ 4,931.48         |
| Gasto Varios                        | \$ 125.00          | 4.00                                  | \$ 500.00           |
|                                     |                    | <b>Sub total</b>                      | <b>\$ 64,850.97</b> |
|                                     |                    | <b>Permiso de Construcción (ALMA)</b> | <b>\$ 6,485.10</b>  |
|                                     |                    | <b>Total</b>                          | <b>\$ 71,336.06</b> |

#### 7.5. Equipos de Seguridad y factores de Riesgo.

##### 7.5.1. Factores de Riesgo Humano

- Trabajo en altura
- Trabajo cerca de red eléctrica
- Mala manipulación de herramientas
- Uso inadecuado del equipo de seguridad

### 7.5.2. Factores de Riesgo en la Red

- 1- Atenuación en fibra
- 2- cortes de fibra, tales como: corte por poda de árbol, corte por maquinaria pesada, cortes roedores, corte por quemadura eléctrica, corte por vandalismo, corte por fricción, corte por caída de árbol
- 3- Mala manipulación de la red

### 7.6. Factibilidad del Proyecto.

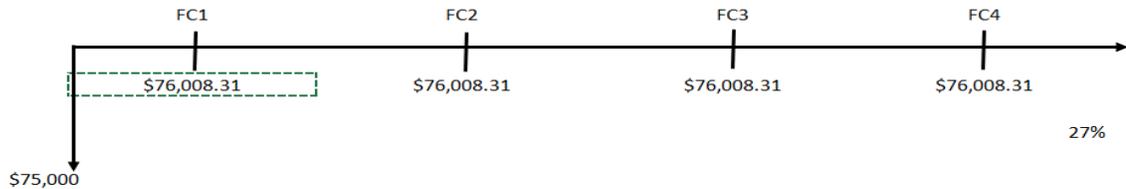
De acuerdo a los datos de las encuestas que obtuvimos, realizamos unas proyecciones de la red funcionando con tres diferentes escenarios: 65 y 75 por ciento en el servicio de TV Cable e internet.

Tabla 24: Proyección Escenario al 65%

| Proyección Escenario al 65% de la red FTTH |          |                          |                |              |              |
|--|----------|--------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Categoría de planes                        | Precio   | Porcentaje de aceptación | Clientes total | Mensual      | Anual        |
| A  | \$ 36.99 | 39.59%                   | 105            | \$ 3,883.95  | \$ 46,607.40 |
| B  | \$ 44.99 | 29.53%                   | 78             | \$ 3509.22   | \$ 42,110.64 |
| C  | \$ 47.99 | 13.43%                   | 36             | \$ 1,727.64  | \$ 20,731.68 |
| D  | \$ 55.99 | 10.73%                   | 28             | \$ 1,567.72  | \$ 18,812.64 |
| E  | \$ 99.99 | 6.72%                    | 18             | \$ 1,799.82  | \$ 21,597.84 |
| Total                                      |          | 65%                      | 265            | \$ 12,488.35 | \$ 149,860.2 |

Tabla 25: Flujo de caja al 65%

| Escenario de proyección de la red al 65% |              |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Años                                     | Año1         | Año 2        | Año 3        | Año 4        |
| Ingresos                                 | \$ 149,860.2 | \$ 149,860.2 | \$ 149,860.2 | \$ 149,860.2 |
| Gastos Operativos                        | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 |
| Depreciación Anual                       | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 |
| Intereses Anuales                        | \$ 18,834.16 | \$ 15,155.46 | \$ 10,350.89 | \$ 4,075.88  |
| Amortización                             | \$ 12,019.94 | \$ 15,698.64 | \$ 20,503.21 | \$ 26,778.21 |
| Utilidad Bruta                           | \$ 85,461.66 | \$ 85,461.66 | \$ 85,461.66 | \$ 85,461.66 |
| I/R 33%                                  | \$ 28,202.35 | \$ 28,202.35 | \$ 28,202.35 | \$ 28,202.35 |
| Utilidad Neta                            | \$ 57,258.31 | \$ 57,258.31 | \$ 57,258.31 | \$ 57,258.31 |
| Depreciación Anual                       | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 |
| Flujo de Caja                            | \$ 76,008.31 | \$ 76,008.31 | \$ 76,008.31 | \$ 76,008.31 |



$$VAN = VPN = -\text{Valor Inicial} + FC1/(1 + \text{Interes})^1 + FC2/(1 + \text{Interes})^2 + FC3/(1 + \text{Interes})^3 + FC4/(1 + \text{Interes})^4$$

VPN=\$98,298.476

TIR=94%

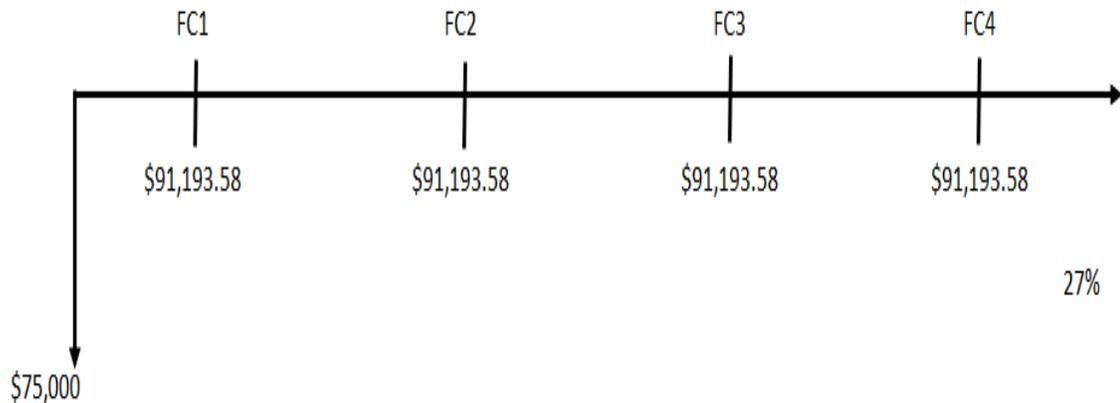
Por medios de los resultados obtenidos VAN(VPN) y la TIR podemos decir que este proyecto es viable y rentable con el escenario de 65% de operatividad, obteniendo una VPN de \$98,298.476 en cuatro años de operatividad con una rentabilidad de 94%, recordando que el interés del préstamo de inversión inicial es de 27%.

Tabla 26: Proyección Escenario al 75%

| <b>Proyección de Escenario al 75%</b> |                     |                                   |                 |                     |                     |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>Categorías de planes</b>           | <b>Precio en \$</b> | <b>Porcentaje de contratación</b> | <b>Clientes</b> | <b>Mensual</b>      | <b>Anual</b>        |
| <b>A</b>                              | <b>36.99</b>        | <b>30%</b>                        | <b>122</b>      | <b>\$ 4,512.78</b>  | <b>\$ 54,153.36</b> |
| <b>B</b>                              | <b>44.99</b>        | <b>22%</b>                        | <b>90</b>       | <b>\$ 4,049.10</b>  | <b>\$ 48,589.20</b> |
| <b>C</b>                              | <b>47.99</b>        | <b>10%</b>                        | <b>41</b>       | <b>\$ 1,967.59</b>  | <b>\$ 23,611.08</b> |
| <b>D</b>                              | <b>55.99</b>        | <b>8%</b>                         | <b>33</b>       | <b>\$ 1,847.67</b>  | <b>\$ 22,172.04</b> |
| <b>E</b>                              | <b>99.99</b>        | <b>5%</b>                         | <b>20</b>       | <b>\$ 1,999.80</b>  | <b>\$ 23,997.60</b> |
| <b>Total</b>                          |                     | <b>75%</b>                        | <b>306</b>      | <b>\$ 14,376.94</b> | <b>\$172,523.28</b> |

Tabla 27: Flujo de caja al 75%.

| Escenario de proyección de la red al 75% |              |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Años                                     | Año1         | Año 2        | Año 3        | Año 4        |
| Ingresos                                 | \$172,523.28 | \$172,523.28 | \$172,523.28 | \$172,523.28 |
| Gastos Operativos                        | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 | \$ 14,794.44 |
| Depreciación Anual                       | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 |
| Intereses Anuales                        | \$ 18,834.16 | \$ 15,155.46 | \$ 10,350.89 | \$ 4,075.88  |
| Amortización                             | \$ 12,019.94 | \$ 15,698.64 | \$ 20,503.21 | \$ 26,778.21 |
| Utilidad Bruta                           | \$108,124.74 | \$108,124.74 | \$108,124.74 | \$108,124.75 |
| I/R 33%                                  | \$ 35,681.17 | \$ 35,681.16 | \$ 35,681.16 | \$ 35,681.17 |
| Utilidad Neta                            | \$ 72,443.58 | \$ 72,443.58 | \$ 72,443.58 | \$ 72,443.58 |
| Depreciación Anual                       | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 | \$ 18,750.00 |
| Flujo de Caja                            | \$ 91,193.58 | \$ 91,193.58 | \$ 91,193.58 | \$ 91,193.58 |



$$VAN = VPN = -Valor\ Inicial + FC1/(1 + Interes)^1 + FC2/(1 + Interes)^2 \\ + FC3/(1 + Interes)^3 + FC1/(1 + Interes)^4$$

VPN= \$ 132,920.84

TIR= 116%

Realizando los cálculos de la VAN y la TIR demostramos que este proyecto es factible y a la vez viable en un periodo de 4 años donde los datos obtenidos han sido satisfactorios para el cliente con tasa de interna de retorno del 116% desde un interés inicial de 27% generando en este periodo un valor presente neto de \$132,920.85.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la proyección de los dos diferentes escenarios del 65% y 75% de la red operativa, podemos comprobar que el proyecto en sí, tiene su recuperación de manera positiva, con el VPN y la TIR de cada proyección hemos verificado la rentabilidad y la factibilidad, lo cual se le presento al cliente el informe técnico financiero y fue aceptada de manera positiva.

## VIII. Capítulo 5.

### 8.1. Construcción del Diseño de la Red

Después de que se concluyó con el estudio de mercado, el estudio técnico financiero, su viabilidad y factibilidad, se procederá en colaboración con la empresa contratada llamada REDETEL, llevarse a cabo, la construcción de la red siguiendo el diseño que se mostró anteriormente en lo que es la Red Ticomo HTC01, los precios de montajes de herrajería e instalación de elementos pasivos, tales como: Posterías, Fibra Óptica, vestimenta de postes, instalación de elementos pasivos (NAPS, MINI HUB, ODF, Patchcord, Splitters), están establecidos de acuerdo a una tabla de costo que cobra el contratista, todo lo que es el traslado de material, depreciación de vehículo, combustible también se incluye en el costo de la instalación.

Tabla 28: Ítems Coste.

| Ítem | DESCRIPCION ITEM<br>CONSTRUCCION OBRAS DE<br>RED                                  | UM | Precio  | Extensión<br>HTC01 | Total      |
|------|---|----|---------|--------------------|------------|
| 1    | Instalación de cable FO ADSS Feeder 12H -24H -48H incluye Herrajería y Etiquetado | ML | \$0.65  | 10294              | \$6,691.10 |
| 2    | Instalación de los Mini Hub incluye Splitter Óptico                               | UN | \$18.00 | 8                  | \$144.00   |
| 3    | Fusiones y Empalme Ópticos de 97 a más Hilos                                      | UN | \$8.80  | 125                | \$1,100.00 |
| 4    | Instalación de Mufa   | UN | \$12.00 | 3                  | \$36.00    |

|    |  |    |          |     |            |
|----|--|----|----------|-----|------------|
| 5  | Instalación cable ODN 50m - 100 m (incluye limpieza de conector e instalación de herraje)            | UN | \$49.00  | 13  | \$637.00   |
| 6  | Instalación cable ODN 150m - 200m (incluye limpieza de conector e instalación de herraje)            | UN | \$98.00  | 28  | \$2,744.00 |
| 7  | Instalación cable ODN 300m - 400m (incluye limpieza de conector e instalación de herraje)            | UN | \$196.00 | 13  | \$2,548.00 |
| 8  | Instalación de NAP   | UN | \$15.00  | 37  | \$555.00   |
| 9  | Instalación Postes Galvanizados de 3 Secciones 7/90 -8/90 - 8/120 - 9/120 (Incluye Traslado, Resane) | UN | \$22.00  | 89  | \$1,958.00 |
| 10 | Instalación Anclas de Retención de Brazo (Incluye Resane)  | UN | \$30.00  | 2   | \$60.00    |
| 11 | Instalación de Crucetas y acomodo de Reserva   | UN | \$10.00  | 26  | \$260.00   |
| 12 | Instalación de Cable Acero 1/4" con su Herraje para Cruce Americano                                  | ML | \$0.51   | 1   | \$0.51     |
| 13 | Instalación de Viñeta y Etiquetado de Mini Hub y NAP   | UN | \$2.00   | 59  | \$118.00   |
| 14 | Certificación y Medición OTDR  | UN | \$5.00   | 48  | \$240.00   |
| 15 | Instalación de Herraje de Tensión o Preformado por poste   | UN | \$3.00   | 144 | \$432.00   |

### **8.1.1. Traslado de Materiales.**

Para el traslado del material, la contrata utilizo una bodega propia, para resguardo y traslado, utilizando un camión (rastra) lo trasladaba de su bodega al punto de construcción de la red, de acuerdo a la cantidad de material que se iba a instalar al día en el caso de las posterias.



Figura 43: Traslado de Materiales



Figura 44: Traslado de Materiales

### **8.1.2. Instalación de Materiales de Acuerdo con el plano diseñado.**

En la instalación de la posterias, se instalaron un total de 2 nuevos postes de tipo 9/120 y 104 nuevos postes del tipo 8/90, y a la vez se utilizaron la cantidad de 75 postes tubulares existente de la red del cliente, la diferencia de los postes 8/90 y 9/120 residen en sus dimensiones uno es de 8mts de alto por 90 centímetro de

ancho y el otro 9mts de alto y 120 centímetros de ancho, por sus dimensiones el poste de 9/120 es más resistente que el 8/90.

Para la instalación se realizaron huecos de 1.5mts de fondo y con un diámetro de 30 centímetros.

El periodo de instalación de posteras fue de unos 30 días trabajando de lunes a viernes en jornada normales de 7 a.m. hasta las 5 p.m.

A continuación, después de la instalación de los postes se siguió con lo que es la vestimenta de postes.



Figura 45: Instalacion de postes.



Figura 46: Instalación de poste.

¿Qué es la vestimenta de postes?

Consiste en llevar dos herrajes de tensión o PLP (herraje de suspensión) con una cinta band it, sujetos con dicha cinta en dirección de donde proviene y a dónde va la fibra, esta vestimenta se instala a unos 30 centímetros del extremo final del poste, el tiempo para hacer este proceso es entre 10 a 15 minutos dependiendo de la velocidad del instalador.



Figura 47: Poste con su vestidura.

Después de que se realizó la instalación de los postes con su respectiva vestidura, se procede a la instalación de fibra de 48 hilos tipo ADSS, iniciando como punto de partida en nodo de pendencia que se encuentra ubicado en San patricio, dejando en el primer poste instalado una cruceta con 50 metros de reserva de Fibra Óptica, continuando con instalación en los siguientes postes realizando tensión en cada uno de los tramos de fibra con sus debida preformadas (remate de acero galvanizado que se utiliza para tensar cables entre tramos) y herrajes de pase (PLP), este procede se realiza hasta terminar la instalación de dicho cable a como se indica que el diseño antes elaborado.

Para la instalación de fibra de 48 hilos, se realizó el montaje en tramos seccionados desde la OLT de Ticomio hasta el punto A-180 se instaló un total de 4259 metros lineales de fibra, de esa, se dejó una reserva de 550 metros lineales. En el tramo A-180(MH012) hasta A-205(MH007), se dejó una reserva de 242 metros de fibra de un total de 1514ml instalado.

Desde el tramo A-205(MH008) hasta A-222(MH007), se instalaron un total de 963 metros lineales de fibra y se dejó una reserva mínima de 125 metros lineales.

El tramo desde A-222(MH007) hasta a A-260(MH005), la reserva que se dejo fue de un total de 305Mts de un total instalado de 1998 metros de fibra.

En el A-236 hasta el A-276(MH006) la reserva que se dejo fue de 56Mts de un total de 251Mts instalado.

En el A-180(MH012) al A-338(MH010) el total de fibra instalado fue 1249 y la reserva que quedo fue de 200Mts.

Los tramos de reserva que se dejaron fueron de al menos 50Mts por cada 250Mts instalado, es decir, hubo tramos que se dejó más de 5 reservas, por ejemplo, en el tramo de A-222 hasta A-260 que las reservas totales en ese tramo fueron de 8 reservas.

El motivo de dejar colocado reservas en los tramos de fibra es para realizar reparación en el cable por cualquier daño que pueda adquirir este en el futuro.



Figura 48: Instalación de fibra.



Figura 49: Instalación de fibra.

#### Instalación de ODF en gabinete de OLT San patricio

Para este proceso se inicia agarrando la punta del cable de 48 hilos anteriormente instalado y se ingresa a gabinete ubicado en radio base San Patricio, posterior se procede a la preparación del cable quitando revestimiento y dejando expuesto cada uno de los hilos a fusionar en bandeja de dicho ODF, realizando fusiones de empalme de cada uno de los 48 hilos que comprende cable ADSS, con lo antes mencionado queda listo ODF para ser utilizado y conectorizado a equipo OLT de la empresa de comunicación.

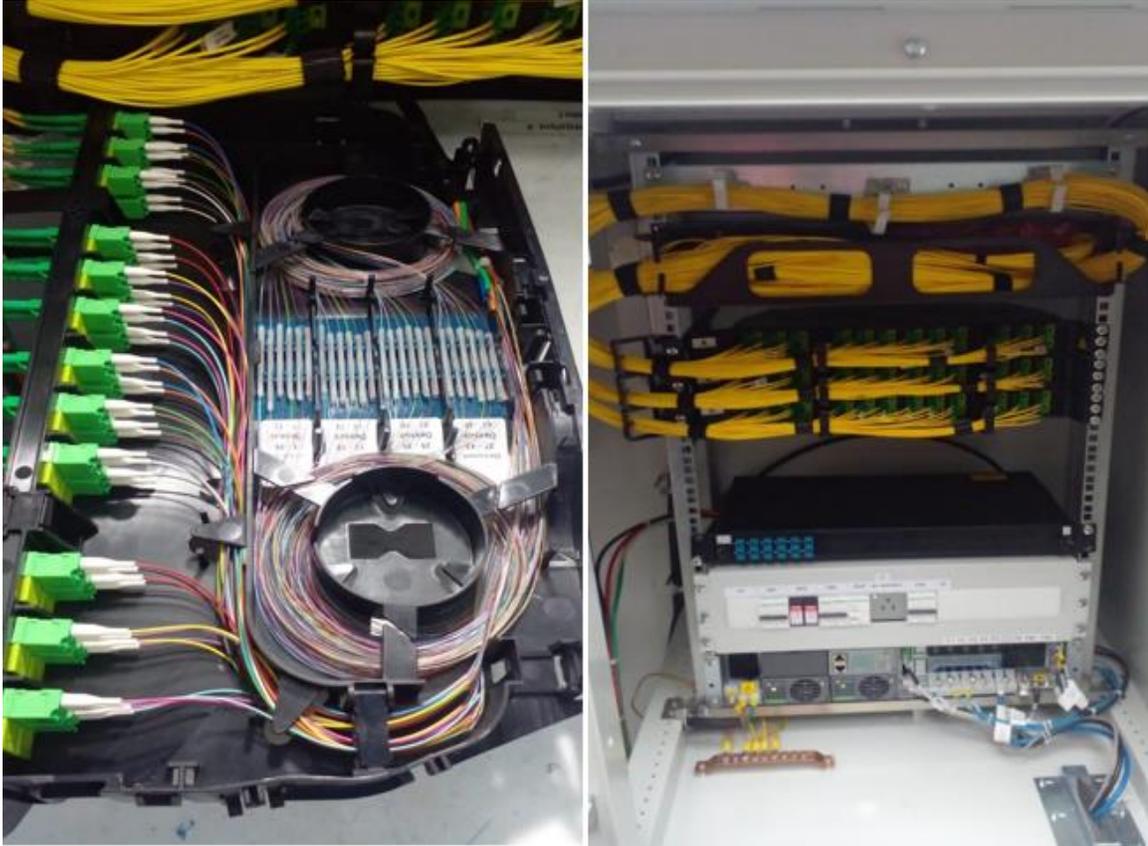


Figura 50: Instalación de ODF.

Instalación de Mini Hub:

Después de la instalación del ODF continuamos con el montaje de los Mini hub según indicado en el diseño, integrado en cada Mini Hub, 2 alas de acceso en este caso reflejados como ala A y ala B, en dicho Mini Hub se encuentra un divisor óptico llamado splitter con una entrada y 2 salidas.

Primeramente, se inicia con la preparación del cable de 48 hilos previamente instalado, ya teniendo los hilos expuestos se procede a asignar un hilo y fusionar el cual se encargará de la alimentación del Mini hub, que a su vez llevara el tráfico a los NAPS que darán servicios a los futuros clientes de la red.

Para finalizar instalación Mini Hub se realiza acomodo de reserva de buffers (Tubos internos adentro de la FO) en bandejas y posterior se deja instalado debidamente en poste.

Se instalaron un total de 8 mini Hub en la construcción de la red.



Figura 51: Preparación de Mini-Hub.



Figura 52: Preparación de Mini Hub.



Figura 53: Mini Hub instalado.

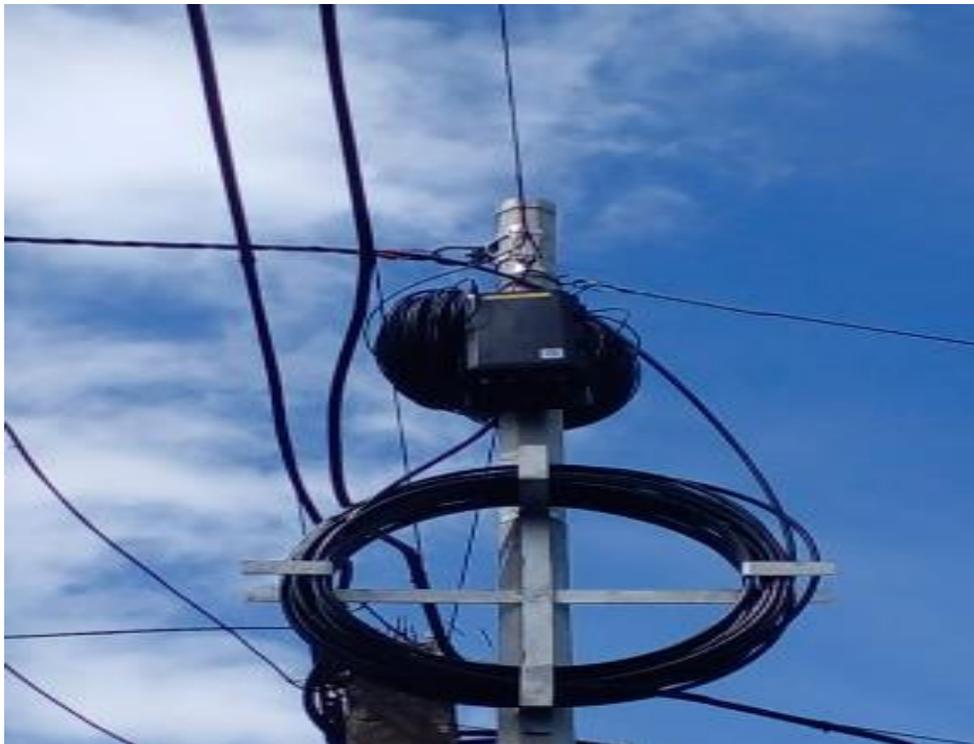


Figura 54: Mini Hub con reserva de fibra.

Después de haber instalado los mini hubs, continuamos con el montaje de los 51 NAPS en los postes, de acuerdo al diseño de la red de Ticom, para el montaje de ellos que son elementos pasivos de la red, realmente no tiene muchas ciencias solo se realiza un flejado con cinta band it en el marco metálico del NAP quedando fijado al poste, a la espera de la conexión de los cables ODN.



Figura 55: Instalación de NAPS.

Instalación de cables ODN,

los cables ODN preconectorizados como se refleja en la tabla número 19 del cuarto capítulo, tienen segmentos definidos de 50m ,100m, 150m, 200m, 300m y 400m esto se debe, a las distancias que se encuentran de NAP a NAP para su conexión.

Para la instalación de dicho cable se requiere utilizar preformada galvanizada, que se encargaran del agarre y tensión en el cable, luego de haber terminado la instalación de todos los cables ODN que comprende a la red FTTH se comienza con todos los puntos de preconectorización en mini Hubs tanto en la a la A como en la a la B y en NAPS en su respectivo puerto de entrada y puerto de salida.



Figura 56: Cable ODN.



Figura 57: Cable ODN.

En los NAPS están marcados los puertos de entrada, de salida y de clientes, definidos estos puertos por códigos único de colores, de los cuales son: puerto azul es de entrada de tráfico, puerto rojo es de salida de tráfico para la alimentación de cascada del siguiente NAP y puerto de color verde, que es el respectivo puerto de partida para las conexiones de los clientes, el resto de los puertos para conexión de clientes son de color negro.



Figura 58: NAP de 10 puertos.

Los NAPS de tapas azules son identificados con dicho color para para señalar que es un NAP que cuenta con 10 puertos y se utilizar igualmente para seguimiento de cascada



Figura 59: NAP de finalización de 9 puertos.

Los NAP de tapas Moradas cuentan con nueve puertos, también para señalar que es el fin de una cascada o un ala.

## 8.2. Pruebas de Error.



Figura 60: Mediciones OTDR.

### Tabla de elementos

| Tipo  | N.º | Pos.<br>(km) | Pérdida (dB) |         | Refl. (dB) |         |
|---|-----|--------------|--------------|---------|------------|---------|
|   |     |              | 1625 nm      | 1625 nm | 1625 nm    | 1625 nm |
| Grupo   | 1   | 0.0000       | 0.427        |         | -71.5      |         |
| + Conector  | A   | 0.0000       | ---          |         | -71.5      |         |
| + Conector  |     | 0.0045       | ---          |         | -79.1      |         |
| Empalme   | 2   | 4.1407       | 0.073        |         | ---        |         |
| Empalme   | 3   | 4.3984       | 0.036        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 4   | 8.8883       | 1.832        |         | -73.8      |         |
| Acoplador*  | 5   | 8.9419       | 0.720        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 6   | 9.0423       | 1.045        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 7   | 9.0924       | 1.363        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 8   | 9.2385       | 0.083        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 9   | 9.3457       | 2.276        |         | ---        |         |
| Acoplador*  | 10  | 9.4959       | 10.403       |         | -65.0      |         |
| Divisor 1:8*  | B   | 9.5970       | ---          |         | -44.4      |         |
| * Para caracterizar la pérdida e incluir el elemento en ORL y pérdida de tramo, se necesita una fibra de recepción. |     |              |              |         |            |         |

### Umbral de correcto/incorrecto del iOLM

Figura 61:Tabla de Eventos.

Mediciones OTDR.

Para iniciar con las pruebas y errores del proyecto se comienza con utilizar un equipo especializados para las mediciones de fibra óptica, ya que este determina si el hilo ocupado en el enlace se encuentra en buenas condiciones y óptimo para ser utilizado, de igual manera se puede visualizar se existen atenuaciones en el cable que puedan ocasionar perdidas y provocar que el enlace no opere adecuadamente y la distancia completa del enlace.

En la figura se visualiza primeramente la longitud de onda en la que se configuro para realizar nuestra traza, que la estamos definiendo en una ventana de 1625

nm, ya que el enlace de dicha ventana se puede hacer una medición con tráfico y es la más adecuada para la tecnología que se está llevando a cabo. La traza del tramo del MH-005 que comprende al mini Hub más alejado al nodo de dependencia que se encuentra a una distancia de 9.5 km, el cual se refleja que se han encontrado eventos en un rango permitido de operación, de igual manera se visualiza al final de la traza los NAPS conectados en cascada que son los puntos de acceso para cada uno de los futuros clientes.

En la tabla de elementos podemos observar los diferentes eventos con sus especificaciones en lo que comprende si son empalme o acopladores, su posicionamiento reflejado en distancia, pérdida llevada en el punto de cada evento y la reflectancia igualmente de cada evento.

Para este proyecto se realizó la certificación de los 48 hilos que comprenden al cable instalado



Figura 62: Equipo OTDR.

### 8.3. Entrega de la Red al Cliente.

Cuando se entrega la red al cliente, primero se da por parte del cliente, la OLT configurada, ya que ellos son los únicos encargados de su configuración por la confidencialidad de su información, por parte nuestra en el proyecto tendremos que asegurar los niveles óptimos de sus potencias en la red para su debido funcionamiento en el servicio de banda ancha, cabe recalcar que esta red tendrá un ancho de banda de 10Gbps por hilo.

Para la prueba de potencia, utilizamos el equipo llamado Power Meter, este es el que se encarga de verificar que en cada uno de los puntos de acceso para futuros clientes ubicados en cada NAPS, reciba la potencia adecuada para que el enlace sea operativo y poderle brindar el servicio al cliente de manera adecuada, ya que si presenta niveles de potencia demasiado bajos o fuera de rangos, el cliente carecerá de servicio o tendrá un servicio pésimo, generando lo que son las distintas perdidas, como la pérdidas de paquetes al cliente, las pérdidas de Uplink y downlink del ancho de banda contratado o la combinación de ambas perdidas.



Figura 63: Equipo Power Meter.

De acuerdo a la pérdida que se presentan en la red FTTH, su punto de partida se da desde la OLT que entrega una potencia de +5 dbm a la entrada del Mini Hub, se recibe una potencia parecida a la potencia entregada por el equipo y en la salida se da un rango de pérdidas de potencia de -1 dbm aproximadamente, siguiendo la cascadas de cada ala del Mini Hub se entrega una potencia con una variación de aproximadamente - 2 dbm que debería de ser lo ideal, cabe recalcar que es un cálculo aproximado ya que la perdida puede variar en los diferentes escenarios encontrados por ejemplo la longitud entre NAPS.

Lo antes explicado se puede observar en la siguiente imagen:

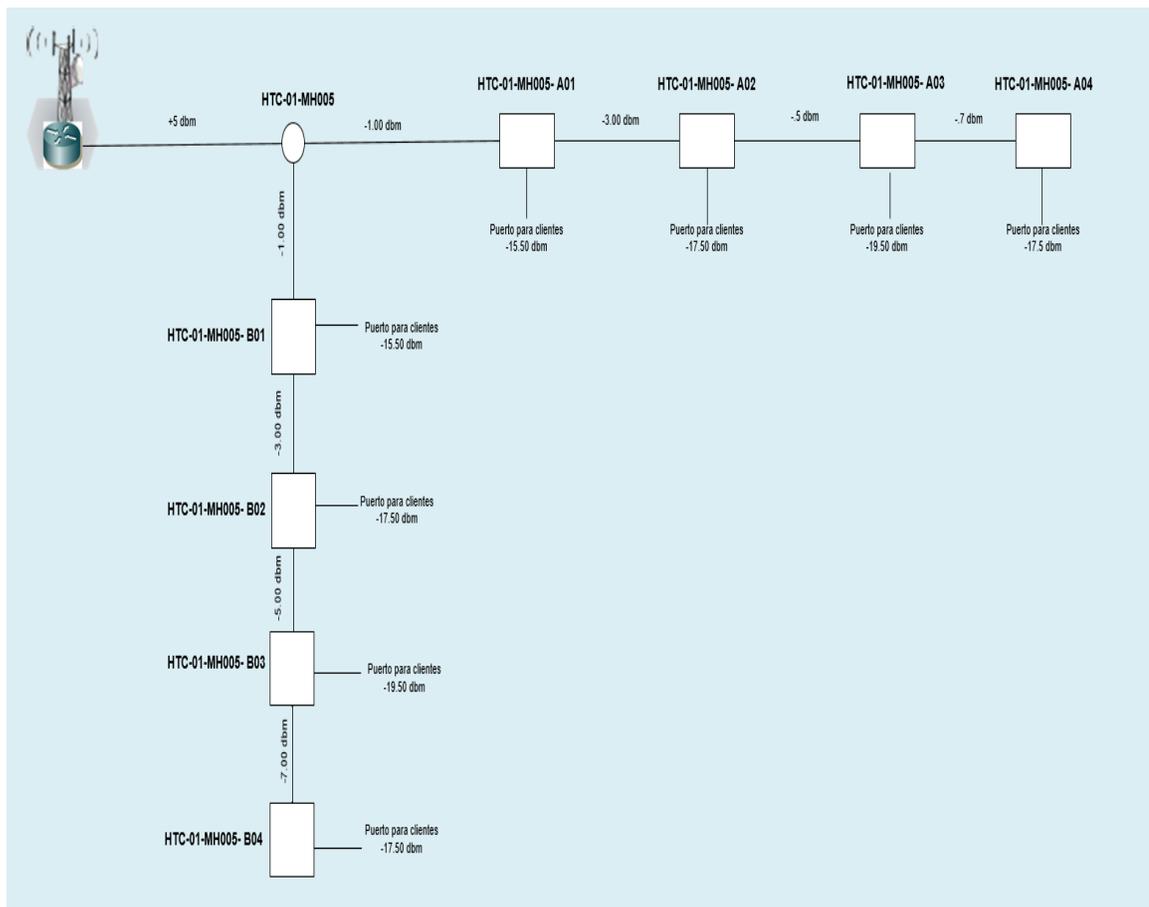


Figura 64:Diagrama de bloque de Mini Hubs.



Figura 65: Mediciones de Potencia de NAPS.

#### **8.4. Conclusiones.**

A través de este proyecto de culminación de estudio que se implementó, en la zona de Ticomo desde San Patricio hasta el planetarium en el sector de carretera vieja León en Managua, hemos cumplido con todo los requerimientos necesarios y los objetivos planteados desde el principio para poder llevarlo a cabo.

Aprendimos los conceptos básicos para el manejo de la fibra óptica, las ventajas y desventajas en comparación con otros medios guiados, los componentes pasivos que conforman la red GPON FTTH.

Por medio de encuestas, realizamos el estudio de mercado en donde logramos conocer las necesidades de los clientes, la competencia en la zona planteada, la viabilidad de aceptación que tiene el proyecto.

Con el diseño elaborado por medio AutoCAD, logramos plantear cada ubicación de todos los componentes pasivos que se utilizaron en la creación de la red física de fibra óptica FTTH con tecnología GPON, después la creación del diseño logramos obtener un listado completo de todos los componente necesarios, con el cual obtuvimos una estimación de coste para el estudio técnico financiero donde hemos analizados la factibilidad y rentabilidad que nos dará el proyecto con diferentes escenarios en donde logramos obtener respuestas positivas con la proyecciones que hemos planteado.

Con todo lo mencionado construimos la red física de fibra óptica FTTH con tecnología GPON en la zona planteada, donde se realizaron las pruebas necesarias en dbm y se comprobó que la red está operativa y con el cual se logró cumplir el objetivo principal de lograr brindar el servicio de cable TV e internet.

## **8.5. Recomendaciones**

Con este proyecto Finalizado y construido en campo se le sugieren al cliente seguir las siguientes recomendaciones:

- 1) Se le recomienda al cliente capacitar al personal para el correcto uso de cada componente de la red, de esta forma maximizaran su operatividad y evitaran fallos por malas manipulaciones.
  
- 2) Se recomienda realizar mantenimiento a la red tanto preventivo como correctivo para así evitar daños y superar fallas que afecten la operatividad de los clientes que cuentan con el servicio de cable e internet.
  
- 3) La red entregada al cliente, es una red diseñada para 408 usuarios que puede ser expandible a una mayor cantidad, de acuerdo a la OLT instalada se ocuparon un total de 8 puertos PON con un máximo de 16 puertos, se recomienda construir en zonas aledaña al proyecto integrando más alas para abarcar más cobertura en la zona, realizando de igual manera estudios de mercado para visualizar donde hay una mayor demanda y plantear nuevos puntos de accesos en la red.

## 8.6. Referencias.

- [1] E. Etece, «Telecomunicaciones,» 14 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://concepto.de/telecomunicaciones/>.
- [2] Aselcom, «Evolucion de las Telecomunicaciones,» 07 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://aselcom.com/blog/actualidad/evolucion-de-las-telecomunicaciones>.
- [3] C. Vargas, «Estandares de fibra optica,» 31 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://sisutelco.com/estandares-fibras-opticas/>.
- [4] E. Etece, «Fibra Optica,» 05 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/fibra-optica/>.
- [5] B. Win, «¿Quién inventó la fibra óptica?,» 12 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://win.pe/blog/quien-invento-la-fibra-optica/> .
- [6] L. I. d. S. d. I. Refracción, «Ley de Snell,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm>.
- [7] J. Pierri, «La Fibra Optica,» 2010. [En línea]. Available: [https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth\\_e.asp](https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp).
- [8] P. Zúñiga, «Pasado y presente de la Fibra óptica,» 17 Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2013/05/pasado-y-presente-de-la-fibra-optica.html>.

- [9] D. Juan, «Ventajas y desventajas de la fibra óptica y tipos de fibra óptica,» 17 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://xxxamin1314.medium.com/ventajas-y-desventajas-de-la-fibra-%C3%B3ptica-cdf2adc31732>.
- [10] S. FTTX, «Fibra monomodo,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.solutionsfttx.com/single-post/2018/02/20/tipos-de-fibra-optica-capitulo-i-monomodo>.
- [11] M. F. P. Herrera, «Diseño de una Red GPON para la Empresa cine cable Tv,» de *Indice Escalonado*, Quito, 2016, p. 2.
- [12] FOCC, «Descripción general de la red PON,» 2 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.fibresplitter.com/news/overview-of-pon-network-34942709.html>.
- [13] Orenda, «Red Pon,» 16 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://medium.com/@fiberstoreorenda/overview-of-pon-network-ccd17a3ff8a5>.
- [14] F. Solucion, «¿Cuál es la relación entre las redes GPON y FTTx?,» 15 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.furukawalatam.com/es/conexion-furukawa-detalles/cual-es-la-relacion-entre-las-redes-gpon-y-fttx>.
- [15] Iptel, «¿Qué es GPON?,» 13 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.iptel.com.ar/que-es-gpon/>.
- [16] O. Robles, «Introducción Completa a los Sistemas GPON,» 8 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://soporte.syscom.mx/es/articles/2620040-introduccion-completa-a-los-sistemas-gpon>.

- [17] R. J. M. Tejedor, «¿Que es...GPON(Gigabit Passive Optical Network),» 2007.  
[En línea]. Available:  
<https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php#:~:text=El%20ITU%2DT%20>.
- [18] N. Espinosa, «Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x,» 16 Agosto 2016. [En línea]. Available:  
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626002/html/>.
- [19] S. d. Luz, «Qué es y cómo funciona la tecnología GPON: secretos técnicos,» 21 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/tecnologia-ftth-gpon-que-es-funcionamiento/>.
- [20] Iptel, «¿Que es FTTH o fibra al hogar?,» 29 Enero 2016. [En línea]. Available:  
<https://www.iptel.com.ar/que-es-ftth-o-fibra-al-hogar/>.
- [21] F. Bathal, «Fibra hasta el hogar,» 24 Enero 2023. [En línea]. Available:  
<https://www.upcom.com.tr/es/ftth-despliegue/fibra-hasta-el-hogar-ftth/>.
- [22] T. Target, «Fibra hasta el hogar (Fiber to the home o FTTH),» septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Fibra-hasta-el-hogar-Fiber-to-the-home-o-FTTH>.
- [23] A. Parra, «Segmentacion del mercado,» 20 Mayo 2023. [En línea]. Available:  
<https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-segmentacion-de-mercados/>.
- [24] QuestionPro, «Calculadora de muestras,» 20 Mayo 2023. [En línea]. Available:  
<https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>.
- [25] QuestionPro, «Investigacion de mercados,» 2023 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/es/investigacion-de-mercados.html>.

[26] John, «Fibra Multimodo,» 10 Agosto 2021. [En línea]. Available:  
<https://community.fs.com/es/blog/advantages-and-disadvantages-of-multimode-fiber.html>.

## 8.7. Anexos

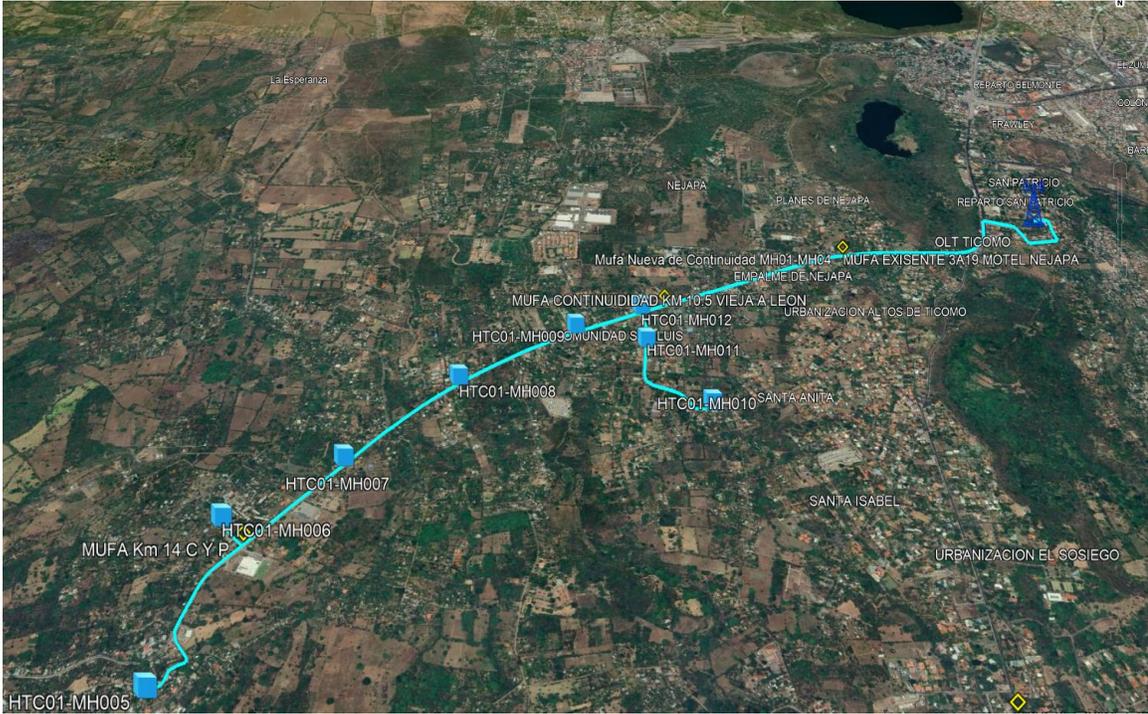


Figura 66: Anexos KMZ de ubicación de Mini Hubs.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE ELECTROINGENIERIA Y COMPUTACION**  
**DEPARTAMENTO DE DISEÑO DIGITALES Y TELECOMUNICACION**

Por este medio se hace constar, que hemos realizado encuestas para el proyecto: "Implementación de una red física basada en fibra óptica FTTH a través de la tecnología GPON desde el sector de San Patricio hasta el Planetarium con apoyo al IIEE de Ingenieros Electricos."

Datos del Encuestador: David Cruz Jacquin Cedula: 003-047894-00018  
 Celular: 86379321

¿Cuánto es el número de personas que componen su núcleo familiar? Especifique  
 2  3  4  5  Otro(Especifique) \_\_\_\_\_

Actualmente de su núcleo familiar, ¿cuántos miembros de su familia están trabajando?  
 2  3  4  5  Otro(Especifique) \_\_\_\_\_

¿Constan los servicios de Internet y cable tv? Especifique.  
 Si  No  Otro(Especifique): Claro TV

¿Puede decirnos a través de que medio su operador les ofrece el servicio de Internet?  
 Fibra Óptica  HFC(Cobre)  WIMAX  ADSL(Telefono)

Actualmente como calificaría el servicio de TV cable e internet que tienen:  
 Excelente  Muy bueno  Bueno  Regular  Malo

¿Estaría dispuesto a cambiar de proveedor de Internet y cable TV?  
 Si  No  Porque: Problema con el internet se está buscando ser llamado a la operadora y dimitan en atender

¿Que Tipo de Plan está dispuesto a pagar por su servicio de CableTV e Internet?

|             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| \$36.99     | \$44.99     | \$47.99     | \$55.99     | \$99.99     |
| 40Mbps      | 120Mbps     | 200 Mbps    | 250 Mbps    | 500 Mbps    |
| 101 canales | 161 canales | 229 canales | 229 canales | 229 canales |

Nombre del encuestado: Cruz Cruz Antonio Sector donde se realizó la encuesta: Residencial Cedral Canton

Figura 67: Encuestas.