



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

### TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Diseño de ODN para tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio  
La Pradera de la ciudad de Loja**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Espinoza Yunga, Diego Javier

**DIRECTOR:** Ludeña González, Patricia Jeanneth Mgr.

LOJA - ECUADOR

2018



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2018

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgtr.

Patricia Jeanneth Ludeña González

### DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Diseño de ODN (Optical Distribution Network) para tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera de la ciudad de Loja., realizado por **Espinoza Yunga Diego Javier**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero del 2018.

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Diego Javier Espinoza Yunga**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Diseño de ODN para tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera de la ciudad de Loja., de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, siendo **Patricia Jeanneth Ludeña González** directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.....

Autor: Espinoza Yunga Diego Javier

Cédula: 1103991061

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo enteramente a Dios y a mis padres, quienes son mi mayor ejemplo a seguir y el verdadero motivo de cada uno de los pasos que doy en mi vida.

A mis hermanos José David, Verónica y Juan Diego, mi mayor inspiración y a quienes les debo los mayores momentos de felicidad vividos.

A mis abuelitos José y Nilita. Sin ellos no sería posible nada de esto.

A mi tía Yoli y a mi mamita Marina.

*Diego Javier Espinoza*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, Lucia Elizabeth, quien ha estado conmigo a pesar de cualquier fallo o fracaso. Por su ejemplo de perseverancia y por sacarme adelante a mi hermano y a mí.

De manera muy especial a los ingenieros: Fabián Castillo y Darwin Lapo; quienes con su guía y acertadas correcciones hicieron que este trabajo sea concluido de la mejor manera.

A la ingeniera Patricia Ludeña, tutora de este trabajo de titulación y directa partícipe de este logro alcanzado.

*Diego Javier Espinoza*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA .....           | i    |
| APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..... | ii   |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....       | iii  |
| DEDICATORIA .....                                      | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....                                   | v    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                              | vi   |
| LISTA DE FIGURAS.....                                  | xi   |
| LISTA DE TABLAS.....                                   | xiii |
| TERMINOLOGÍA.....                                      | xiv  |
| RESUMEN .....  | 1    |
| ABSTRACT.....  | 2    |
| INTRODUCCIÓN.....                                      | 3    |
| OBJETIVOS.....   | 4    |
| ALCANCE.....   | 5    |
| ESTRUCTURA .....                                       | 6    |
| CAPÍTULO I .....                                       | 7    |
| <b>1.1. Antecedentes locales</b> .....                 | 8    |
| <b>1.2. Problemática actual</b> .....                  | 8    |
| <b>1.3. Principios de propagación</b> .....            | 8    |
| <b>1.4. Fibra óptica</b> .....                         | 9    |
| <b>1.4.1. Estructura de la fibra óptica</b> .....      | 9    |
| <b>1.4.1.1. Núcleo</b> .....                           | 10   |
| <b>1.4.1.2. Revestimiento</b> .....                    | 10   |
| <b>1.4.1.3. Cubierta protectora</b> .....              | 10   |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.4.2.   | <b>Tipos de fibra óptica</b> .....                      | 10 |
| 1.4.2.1. | <b>Fibra óptica monomodo</b> .....                      | 11 |
| 1.4.2.2. | <b>Fibra óptica multimodo</b> .....                     | 11 |
| 1.5.     | <b>Ventanas de operación u ópticas</b> .....            | 11 |
| 1.6.     | <b>Tipos de cables para fibra óptica</b> .....          | 12 |
| 1.6.1.   | <b>UIT-T G.652</b> .....                                | 12 |
| 1.6.2.   | <b>UIT-T G.653</b> .....                                | 12 |
| 1.6.3.   | <b>UIT-T G.654</b> .....                                | 12 |
| 1.6.4.   | <b>UIT-T G.655</b> .....                                | 13 |
| 1.6.5.   | <b>UIT-T G.656</b> .....                                | 13 |
| 1.6.6.   | <b>UIT-T G.657</b> .....                                | 13 |
| 1.7.     | <b>Degradación de la señal en la fibra óptica</b> ..... | 13 |
| 1.8.     | <b>Infraestructura para fibra óptica</b> .....          | 14 |
| 1.8.1.   | <b>Elementos de interconexión</b> .....                 | 14 |
| 1.8.1.1. | <b>Conectores</b> .....                                 | 14 |
| 1.8.1.2. | <b>Patchcord</b> .....                                  | 15 |
| 1.8.1.3. | <b>Pigtail</b> .....                                    | 16 |
| 1.8.2.   | <b>Empalmes</b> .....                                   | 17 |
| 1.8.2.1. | <b>Por fusión</b> .....                                 | 17 |
| 1.8.2.2. | <b>Mecánicos</b> .....                                  | 18 |
| 1.8.3.   | <b>Mangas o mufas</b> .....                             | 18 |
| 1.8.4.   | <b>Herrajes</b> .....                                   | 18 |
| 1.9.     | <b>Redes de acceso</b> .....                            | 18 |
| 1.9.1.   | <b>Redes de acceso basadas en fibra óptica</b> .....    | 19 |
| 1.9.1.2. | <b>Redes FTTC (Fiber to the Corner)</b> .....           | 20 |
| 1.9.1.3. | <b>Redes FTTB (Fiber to the Building)</b> .....         | 21 |



|            |   |    |
|------------|---|----|
| 1.9.1.4.   | Redes FTTH (Fiber to the Home).....               | 22 |
| 1.9.1.5.   | Redes FTTN (Fiber to the Node).....               | 23 |
| 1.10.      | Estándares PON (Passive Optical Network) .....    | 23 |
| 1.10.1.    | APON .....  | 24 |
| 1.10.2.    | BPON .....  | 25 |
| 1.10.3.    | GPON.....   | 26 |
| 1.11.      | Arquitectura de red GPON .....                    | 26 |
| 1.11.1.    | OLT ( <i>Optical Line Terminal</i> ).....         | 27 |
| 1.11.2.    | ODN ( <i>Optical Distribution Network</i> ) ..... | 28 |
| 1.11.2.1.  | ODF ( <i>Optical Distribution Frame</i> ).....    | 28 |
| 1.11.2.2.  | Cable Feeder .....                                | 29 |
| 1.11.2.3.  | Cable de distribución .....                       | 29 |
| 1.11.2.4.  | Splitters.....                                    | 29 |
| 1.11.2.5.  | NAP ( <i>Network Access Point</i> ).....          | 30 |
| 1.11.3.    | ONT ( <i>Optical Network Terminal</i> ).....      | 31 |
| CAPÍTULO 2 | .....   | 32 |
| 2.1.       | Introducción.....                                 | 33 |
| 2.2.       | Encuesta.....                                     | 37 |
| CAPÍTULO 3 | .....   | 40 |
| 3.1.       | Estudio de demanda.....                           | 41 |
| 3.1.1.     | Demanda actual .....                              | 41 |
| 3.1.2.     | Demanda potencial .....                           | 44 |
| 3.1.3.     | Crecimiento poblacional.....                      | 46 |
| 3.2.       | Diseño de la red ODN.....                         | 46 |
| 3.2.1.     | Diseño de la red de dispersión.....               | 49 |
| 3.2.2.     | Diseño de la red de distribución .....            | 51 |

|  |    |
|--|----|
| <b>3.2.3. Diseño de la red troncal <i>feeder</i></b> ..... | 51 |
| <b>3.2.4. Diseño de canalización</b> .....                 | 52 |
| <b>3.2.5. Esquema general de la ODN</b> .....              | 54 |
| <b>3.3. Balance óptico de la red</b> .....                 | 54 |
| CAPÍTULO 4 .....   | 60 |
| <b>4.1. Introducción</b> .....                             | 61 |
| <b>4.2. Costo total de inversión</b> .....                 | 61 |
| <b>4.3. Determinación de ingresos</b> .....                | 62 |
| <b>4.3.1. Planes comerciales CNT E.P.</b> .....            | 63 |
| <b>4.3.1.1. Telefonía fija</b> .....                       | 63 |
| <b>4.3.1.2. Internet</b> .....                             | 63 |
| <b>4.3.1.3. Televisión digital</b> .....                   | 63 |
| <b>4.3.1.4. Doble pack y triple pack</b> .....             | 64 |
| <b>4.3.2. Determinación de egresos</b> .....               | 67 |
| <b>4.4. Flujo de caja</b> .....                            | 69 |
| <b>4.5. Cálculo de fondos activos netos</b> .....          | 70 |
| <b>4.5.1. Valor actual neto (VAN)</b> .....                | 70 |
| <b>4.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)</b> .....          | 71 |
| <b>4.6. Resultados</b> .....                               | 71 |
| CONCLUSIONES .....   | 73 |
| RECOMENDACIONES .....                                      | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 76 |
| ANEXOS .....   | 79 |
| ANEXO 1: MODELO DE ENCUESTA .....                          | 80 |
| ANEXO 2: PLANOS DE RED DISPERSIÓN .....                    | 82 |
| ANEXO 3: PLANOS DE RED FEEDER .....                        | 83 |

|   |    |
|---|----|
| ANEXO 4: PLANOS DE RED DE DISTRIBUCIÓN.....           | 84 |
| ANEXO 5: PLANOS DE RED DE CANALIZACIÓN.....           | 85 |
| ANEXO 6: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT.E.P..... | 86 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Zona de cobertura centro – oriental Loja.....                | 5  |
| <b>Figura 1. 1.</b> Refracción y reflexión .....                              | 9  |
| <b>Figura 1. 2.</b> Estructura de la fibra óptica.....                        | 10 |
| <b>Figura 1. 3.</b> Tipos de fibra óptica .....                               | 11 |
| <b>Figura 1. 4.</b> División de pérdidas según el factor que la produce ..... | 14 |
| <b>Figura 1. 5.</b> Patchcord .....   | 16 |
| <b>Figura 1. 6.</b> Pigtail.....  | 16 |
| <b>Figura 1. 7.</b> Pérdidas de unión en fibra óptica .....                   | 17 |
| <b>Figura 1. 8.</b> Herraje tipo A y tipo B para fibra óptica .....           | 18 |
| <b>Figura 1. 9.</b> Ejemplo de topologías FTTx.....                           | 20 |
| <b>Figura 1. 10.</b> Estructura de distribución FTTC .....                    | 21 |
| <b>Figura 1. 11.</b> Estructura de distribución FTTB .....                    | 22 |
| <b>Figura 1. 12.</b> Estructura de distribución FTTH.....                     | 22 |
| <b>Figura 1. 13.</b> Estructura de distribución FTTN.....                     | 23 |
| <b>Figura 1. 14.</b> Estructura general de una red PON .....                  | 24 |
| <b>Figura 1. 15.</b> Arquitectura de red APON .....                           | 25 |
| <b>Figura 1. 16.</b> Arquitectura de red BPON.....                            | 26 |
| <b>Figura 1. 17.</b> Arquitectura de red GPON .....                           | 27 |
| <b>Figura 1. 18.</b> Esquema funcional de una OLT .....                       | 28 |
| <b>Figura 1. 19.</b> ODF.....   | 28 |
| <b>Figura 1. 20.</b> Aplicación del splitter.....                             | 29 |
| <b>Figura 1. 21.</b> NAP .....  | 31 |
| <b>Figura 1. 22.</b> ONT .....  | 31 |
| <b>Figura 2. 1.</b> Proceso para el levantamiento de línea base.....          | 33 |
| <b>Figura 2. 2.</b> Secuencia de diseño de la red. ....                       | 35 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 3. 1.</b> Distribución gráfica de los servicios de telecomunicación ..... | 44 |
| <b>Figura 3. 2.</b> Arquitectura GPON – CNT E.P.....                                | 47 |
| <b>Figura 3. 3.</b> Modelo de ODN – CNT E.P.....                                    | 48 |
| <b>Figura 3. 4.</b> Zona de dispersión .....  | 50 |
| <b>Figura 3. 5.</b> Red Feeder .....  | 52 |
| <b>Figura 3. 6.</b> Diseño de canalización.....                                     | 53 |
| <b>Figura 3. 7.</b> Red de canalización .....                                       | 53 |
| <b>Figura 4. 1.</b> Tiempo de retorno de inversión.....                             | 72 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1. 1.</b> Pérdidas por conectores .....   | 15 |
| <b>Tabla 1. 2.</b> Índice de atenuación según el tipo de splitter .....                  | 30 |
| <b>Tabla 2. 1.</b> Modelo de encuesta .....  | 38 |
| <b>Tabla 3. 1.</b> Tipo de abonado encuestado.....                                       | 42 |
| <b>Tabla 3. 2.</b> Tipo de servicios contratados .....                                   | 42 |
| <b>Tabla 3. 3.</b> Proveedores de servicio de telefonía fija.....                        | 43 |
| <b>Tabla 3. 4.</b> Proveedores de servicio de internet.....                              | 43 |
| <b>Tabla 3. 5.</b> Proveedores de servicio de televisión digital.....                    | 43 |
| <b>Tabla 3. 6.</b> Demanda potencial de servicios de telecomunicación .....              | 45 |
| <b>Tabla 3. 7.</b> Umbrales mínimos y máximos de potencia óptica .....                   | 55 |
| <b>Tabla 3. 8.</b> Atenuación típica en red de distribución .....                        | 56 |
| <b>Tabla 3. 9.</b> Atenuación en la caja (usuario) más lejana.....                       | 57 |
| <b>Tabla 3. 10.</b> Atenuación en la caja (usuario) más cercana .....                    | 58 |
| <b>Tabla 4. 1.</b> Costo total de inversión .....  | 62 |
| <b>Tabla 4. 2.</b> Costos por servicio de telefonía.....                                 | 63 |
| <b>Tabla 4. 3.</b> Costos por servicio de internet.....                                  | 63 |
| <b>Tabla 4. 4.</b> Costos por servicio de televisión digital .....                       | 64 |
| <b>Tabla 4. 5.</b> Costos por servicio de paquetes doble pack y triple pack .....        | 64 |
| <b>Tabla 4. 6.</b> Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios actuales .....    | 65 |
| <b>Tabla 4. 7.</b> Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios proyectados ..... | 66 |
| <b>Tabla 4. 8.</b> Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios actuales .....    | 67 |
| <b>Tabla 4. 9.</b> Costos por mantenimiento .....  | 68 |
| <b>Tabla 4. 10.</b> Egresos por mantenimiento .....                                      | 69 |
| <b>Tabla 4. 11.</b> Flujo de caja .....  | 70 |
| <b>Tabla 4. 12.</b> Resultados de indicadores financieros.....                           | 71 |

## TERMINOLOGÍA

**APON:** ATM Passive Optical Network

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode

**BPON:** Broadband Passive Optical Network

**CNT E.P:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública

**CWDM:** Coarse wavelength Division Multiplexing

**DSL:** Digital Subscriber Line

**DWDM:** Dense Wavelength Division Multiplexing

**EDFA:** Erbium Doped Fiber Amplifier

**EERSSA:** Empresa Eléctrica Regional del Sur Sociedad Anónima

**EPON:** Ethernet Passive Optical Network

**FDH:** Fiber Distribution Hub

**FTTB:** Fiber to The Building

**FTTC:** Fiber to The Corner

**FTTCab:** Fiber to The Cabinet

**FTTH:** Fiber to The Home

**FTTN:** Fiber to The Node

**FTTO:** Fiber to The Office

**FTTP:** Fiber to The Premises

**FTTU:** Fiber to The User

**FWM:** Four Wave Mixing

**GPON:** Gigabit-Capable Passive Optical Network

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers

**ITU:** International Telecommunication Union

**MSAN:** Multi-Service Access Node

**NAP:** Network Access Point

**NZDSF:** Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber

**ODF:** Optical Distribution Frame

**ODN:** Optical Distribution Network

**OLT:** Optical Line Termination

**ONT:** Optical Network Termination

**ONU:** Optical Network Unit

**PON:** Passive Optical Network

**QoS:** Quality of Service

**TIR:** Tasa Interno de Retorno

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**VAN:** Valor Actual Neto

**WDM:** Wavelength Division Multiplexing



## RESUMEN

El presente trabajo de titulación detalla el diseño de una red ODN (*Optical Distribution Network*), con tecnología GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*), capaz de cubrir los requerimientos necesarios para brindar servicios de telecomunicaciones (telefonía fija, internet y televisión digital) en la ciudad de Loja en el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera a través fibra óptica como único medio de transmisión.

El presente diseño ha sido realizado plenamente bajo las normativas técnicas de diseño y dibujo vigentes de la CNT E.P tanto para el levantamiento de demanda (existente, potencial y total) como para su diseño en AutoCAD. Finalmente, se verificó que el proyecto es económicamente viable a través de un análisis financiero tomando en cuenta indicadores de rentabilidad como VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

**PALABRAS CLAVES:** FTTH, GPON, ODN, CNT EP, Fibra óptica.

## **ABSTRACT**

This work presents in detail the design of an ODN network, with GPON technology, able to cover the necessary requirements to provide telecommunications services (telephony, internet and digital television) in the city of Loja in the central-eastern sector from “La Pradera” neighborhood through fiber optics as the only means of transmission.

The present design has been fully realized under the current design and drawing technical regulations of the CNT E.P for both the demand survey (existing, potential and total) and for its design in AutoCAD. Finally, it was verified if the project is economically viable through a financial analysis taking into account profitability indicators such as VAN and TIR.

**KEYWORDS:** FTTH, GPON, ODN, CNT EP, Optical Fiber.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los servicios de telecomunicación han generado una demanda considerable, siendo mayor en el sector de telefonía, Internet y televisión. En la ciudad de Loja se ha optado por brindar a la ciudadanía de estos servicios a través de redes de acceso por par de cobre o redes GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*). Debido a las ventajas que ofrecen las redes GPON y al alto crecimiento de la demanda de estos servicios, la migración de tecnología desde par de cobre a redes GPON es considerada la mejor opción debido al mayor ancho de banda que brindan hacia el usuario final.

La empresa dedicada a brindar los servicios de telecomunicación antes mencionados a nivel nacional es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P., y cuenta con infraestructura dedicada para cada tipo de servicio, es decir, la conmutación de circuitos para el servicio de telefonía fija, plataformas xDSL (*x Digital Subscriber Line*) para internet, entre otros. Debido a esto se ha visto conveniente establecer una convergencia de servicios sobre una sola infraestructura basada en fibra óptica que permita simplificar el modelo existente, reducir los costos por operación que genera y reducir la considerable cantidad de fallas debido a las múltiples infraestructuras utilizadas para cada servicio [1].

A partir de esta información, se diseñará una red ODN (*Optical Distribution network*) que funcione a partir de tecnología GPON para cubrir la demanda de servicios de telecomunicación en un sector de estudio de la ciudad de Loja tomando en cuenta el número de abonados que utilizan cada uno de los servicios y cada uno de los parámetros recomendados por la CNT E.P para el diseño de la red. Además, se analizarán los indicadores de rentabilidad para determinar la viabilidad del proyecto y si su implementación representa un beneficio para la empresa.

## OBJETIVOS

### 1. Objetivo general.

- a. Realizar el diseño de una red ODN con tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera de la ciudad de Loja.

### 2. Objetivos específicos.

- a. Realizar el levantamiento de la demanda actual de servicios de telecomunicación en el sector de estudio.
- b. Diseñar una red ODN con tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera de la ciudad de Loja, de acuerdo a la normativa de diseño CNT E.P.
- c. Evaluar la viabilidad del proyecto mediante un análisis financiero.

## ALCANCE

Para realizar el diseño de la ODN, es necesario establecer el alcance que tendrá el proyecto de manera que cumpla con una vida útil de 10 años y esté diseñada y planteada acorde a las normativas vigentes de la CNT E.P. El área de cobertura de la ODN deberá satisfacer las necesidades del sector centro-oriental donde constan las ciudadelas y urbanizaciones detalladas en la Figura 1: La Pradera, Yahuarcoma, Ayuda Mutua II Etapa, Paseo del Bosque y Sierra Nevada.



**Figura 1.** Zona de cobertura centro – oriental Loja

**Fuente:** [2]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

## **ESTRUCTURA**

En este proyecto se realiza el diseño de una red ODN para tecnología GPON para el sector centro-oriental desde el barrio La Pradera de la ciudad de Loja. A continuación, se detalla la estructura de cada etapa a desarrollar:

**Capítulo 1.** Establece las bases teóricas y los fundamentos de la fibra óptica tanto en su funcionamiento como en la infraestructura para su uso.

**Capítulo 2.** Detalla los parámetros considerados para el diseño de la ODN teniendo en cuenta cada uno de sus aspectos.

**Capítulo 3.** Detalla el estudio de la demanda calculada y su método de obtención. A través de la obtención de este resultado se procede a diseñar la red.

**Capítulo 4.** Estudia las ventajas y desventajas de la implementación del proyecto. Se determinan costos de inversión y se presentan recomendaciones acordes a los resultados.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedentes locales**

En la ciudad de Loja, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P) ha incursionado en el uso de la tecnología GPON (*Gigabit-capable Passive Optical network*) para brindar un servicio estable y de calidad a los diferentes usuarios. La CNT E.P brinda los servicios de telefonía fija, telefonía móvil, internet y televisión satelital. Actualmente, en la mayoría de los casos, son las redes de acceso por par de cobre las más utilizadas para telefonía y servicio de datos.

A excepción de la zona céntrica de la ciudad, no se cuentan con redes ODN (*Optical Distribution Network*) con tecnología GPON que permitan cubrir sectores alejados de esta zona. Esto genera la necesidad de diseñar una nueva ODN utilizando tecnología GPON para solventar y brindar a los usuarios en estos sectores un servicio de calidad, siempre y cuando la demanda sea la necesaria y el estudio de factibilidad sea pertinente para dar inicio al diseño de la misma.

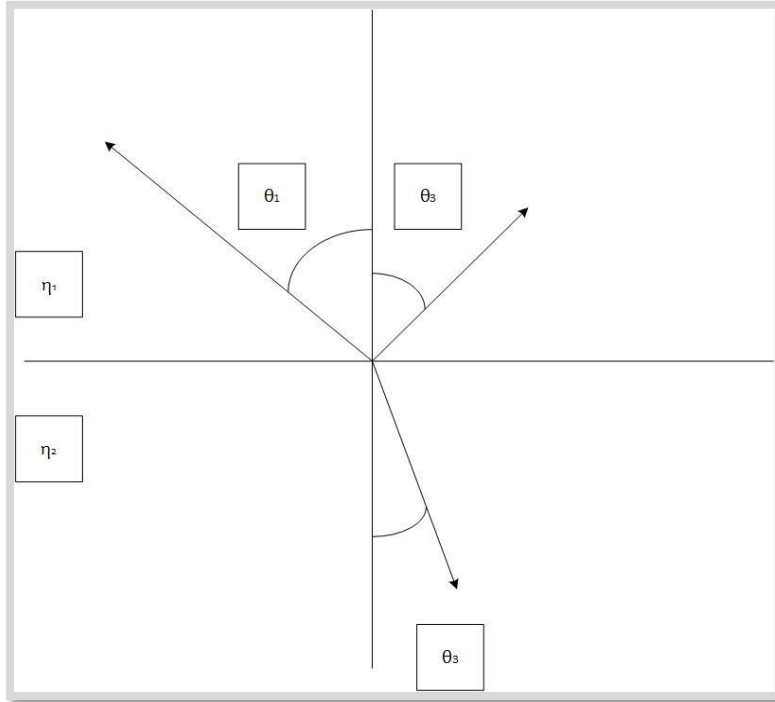
### **1.2. Problemática actual**

Para el sector centro-oriental de la ciudad de Loja, en los barrios La Pradera, Yahuarquina, Ayuda Mutua II Etapa, Paseo del Bosque y Sierra Nevada, específicamente, se cuenta con una demanda estimada de 1579 viviendas y alrededor de 1852 usuarios (personas que tengan o no contratado al menos un servicio de telecomunicación). En los sectores antes mencionados se siguen brindando servicios de telecomunicaciones por medio de redes de acceso por par de cobre, por tanto, se debe lograr una óptima migración de tecnología y descongestión de acceso por par de cobre de telefonía hacia GPON.

### **1.3. Principios de propagación**

El principio de funcionamiento de la fibra óptica se basa en los fenómenos de propagación de la luz como la refracción y reflexión. Estos fenómenos suceden cuando la luz incide sobre la superficie de separación de dos medios que poseen velocidades de luz diferentes, parte de la energía luminosa se transmite (refracción) y parte se refleja (reflexión) [3]. En la Figura 1.1. se puede observar cómo funcionan cada uno de estos fenómenos.





**Figura 1. 1.** Refracción y reflexión  
**Fuente:** [3]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

#### 1.4. Fibra óptica

La fibra óptica se encuentra definida como un medio de transmisión utilizado habitualmente en redes de datos. Considerado como un hilo de contextura fina y construido de un material transparente, vidrio o plástico, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. Tomando en cuenta la ley de Snell, dentro de la fibra, el haz de luz transmitido queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total [4].

##### 1.4.1. Estructura de la fibra óptica

De acuerdo a su uso, la fibra óptica puede ser fabricada en vidrio o plástico. Generalmente en las telecomunicaciones se utiliza el material de vidrio debido a su estabilidad y resistencia a los cambios de temperatura; además de ser un producto no contaminante y fabricado con un material fácil de conseguir (arena). La fibra óptica se encuentra estructurada de la siguiente manera:

#### 1.4.1.1. Núcleo

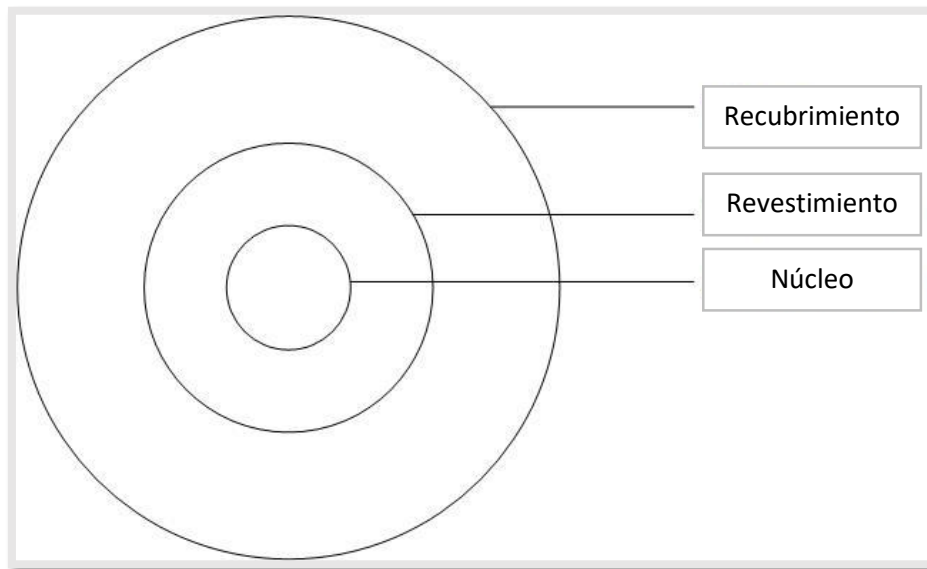
Medio físico que transporta la señal óptica de datos transmitida desde la fuente de luz al receptor. Se trata de una sola fibra continua de vidrio ultra-puro de cuarzo o dióxido de silicio de diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 micrones ( $\mu\text{m}$ ). Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el medio puede transportar [5].

#### 1.4.1.2. Revestimiento

El revestimiento, también conocido como aislante de vidrio, rodea al núcleo y tiene un índice de refracción distinto al del núcleo. Esto hace que actúe a manera de capa reflectante y logra que las ondas de luz que puedan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas [5].

#### 1.4.1.3. Cubierta protectora

Esta cubierta protectora, agrega diferentes capas de plástico para así proporcionar protección extra contra las curvaturas excesivas del cable, es decir, para preservar la fuerza de la fibra [5]. En la Figura 1.2, se puede apreciar la estructura de la fibra óptica y sus partes.



**Figura 1. 2.** Estructura de la fibra óptica

**Fuente:** [6]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

#### 1.4.2. Tipos de fibra óptica

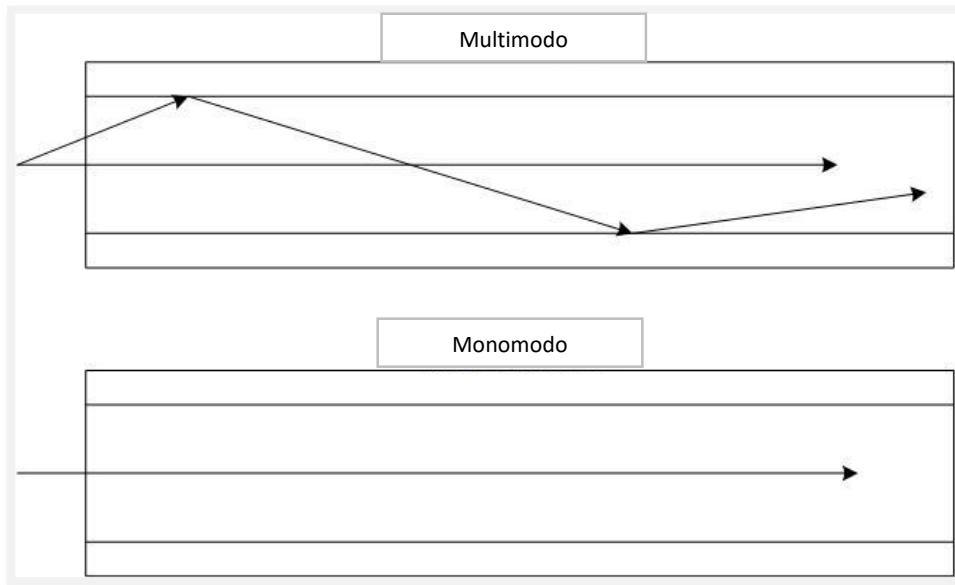
Aunque existen algunas clasificaciones para los tipos de fibra óptica, por su modo se consideran:

#### 1.4.2.1. Fibra óptica monomodo

Como su nombre lo indica, en esta fibra se propaga un solo modo de propagación. Al propagarse de esta manera se evita que exista dispersión modal (retardos de propagación entre distintos modos). El tamaño de su núcleo es muy reducido ( $9\ \mu\text{m}$ ) por lo que dificulta que la luz se acople de manera correcta. Por esta misma razón, este tipo de fibra permite alcanzar grandes velocidades de transmisión y una mayor distancia de alcance [7].

#### 1.4.2.2. Fibra óptica multimodo

Este tipo de fibra se caracteriza porque dentro de ella se pueden propagar varios modos de manera simultánea. El tamaño de su núcleo es considerablemente mayor que el de tipo monomodo ya que alcanza dimensiones de hasta  $62.5\ \mu\text{m}$ . Esto permite un mejor acoplamiento de la luz, pero reduce la velocidad de transmisión y su alcance [7]. Los tipos de fibra óptica por su modo de propagación se muestran en la Figura 1.3.



**Figura 1. 3.** Tipos de fibra óptica

**Fuente:** [7]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.5. Ventanas de operación u ópticas

Por medio de análisis matemático y de experimentos se ha descubierto que en varios materiales existen “ventanas ópticas”. Las ventanas o bandas de operación ópticas de la fibra existen debido a que, a unas determinadas frecuencias, las ondas pasarán a través

de esos materiales con mayor facilidad que a otras frecuencias luminosas. Existe en el espectro tres ventanas ópticas [28]:

- **Primera ventana:** abarca desde 800nm a 900nm. Los haces de luz dentro de este rango poseen tonalidades rojas e infrarrojas y se consideran de potencia baja.
- **Segunda ventana:** cubre desde los 1250nm hasta los 1350nm. Es de gama de luz invisible y su potencia es alta.
- **Tercera ventana:** esta ventana va desde 1500nm hasta 1600nm y propiamente son emisiones láser invisibles con potencia muy alta.

## 1.6. Tipos de cables para fibra óptica

Debido al modo de propagación antes mencionado, cada tipo de cable de fibra óptica funciona y se adapta mejor acorde a la necesidad y el uso que se le dé. Ante esto, es recomendable utilizar aquellos dentro de las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). A continuación, se detallan algunos de ellos:

### 1.6.1. UIT-T G.652

Recomendación que describe una fibra de tipo monomodo estándar de dispersión no desplazada, optimizada para su uso en la región de 1310nm de longitud de onda. Puede ser utilizado en la región de 1550nm. Es la fibra óptica más comercializada [8].

### 1.6.2. UIT-T G.653

Fibra de dispersión desplazada y optimizada a 1550nm. Basada en transmisiones *Dense Wavelength Division Multiplexion* (DWDM), que es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm). Diseñada para redes dorsales de alta capacidad [12]. No aplicable en una red dorsal debido al fenómeno FWM o *Four Wave Mixing*, el cual es un fenómeno que se genera cuando dos o más señales ópticas se propagan dentro de la fibra. Presenta los mejores valores de dispersión y atenuación a 1550nm [9].

### 1.6.3. UIT-T G.654

Recomendación que describe una fibra de tipo monomodo. Optimizada para operar en 1500nm a 1600nm. Posee baja pérdida en la banda de 1550nm. Esto se consigue a través del uso de un núcleo de sílice puro, lo que eleva su costo de fabricación. Este tipo de fibra puede soportar niveles de potencia demasiado altos y poseen un núcleo más grande (9.5 a 10.5  $\mu\text{m}$ ) [10].

#### **1.6.4. UIT-T G.655**

Este tipo de fibra es de dispersión desplazada no nula y optimizada para operar en la banda de 1550nm moviendo la longitud de onda de dispersión cero fuera de la ventana de operación de 1550nm [11].

#### **1.6.5. UIT-T G.656**

Recomendación que describe una fibra con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha. Optimizada para la operación en el rango de 1460-1625nm, pudiendo ser utilizada en CWDM (*Coarse wavelength Division Multiplexing*), la cual es una técnica transmisión de señales a través de fibra óptica y DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

#### **1.6.6. UIT-T G.657**

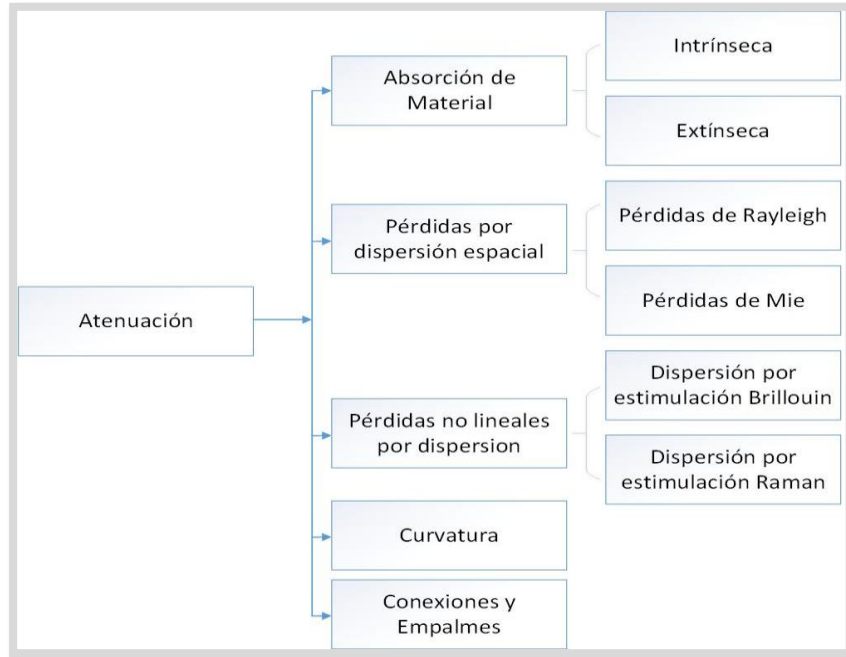
Esta recomendación describe la fibra diseñada para redes de acceso. Presenta dos categorías de fibras monomodo G.657 A y B. La categoría A es totalmente compatible con las fibras monomodo UIT-T G.652. La categoría B no es necesariamente compatible con ITU-T G.652, pero es capaz de tener bajos valores de pérdidas en macro curvatura. Es predominantemente para uso en las redes de acceso.

La fibra de mayor despliegue en la actualidad es la recomendación UIT-T G.652, ésta tiene cuatro variantes: la UIT-T G.652 A, G.652 B, G.652 C y G.652 D [13].

### **1.7. Degradación de la señal en la fibra óptica**

Dentro de la propagación de luz a través de la fibra óptica como un medio de transmisión existen dos factores que pueden afectarla: la atenuación y la dispersión. La atenuación puede considerarse como la más relevante, debido a que la pérdida de potencia de la onda luminosa en un cable de fibra óptica puede tener varios efectos adversos sobre su funcionamiento, entre éstos están: la reducción del ancho de banda del sistema, la rapidez de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema. La dispersión afecta también a la fibra óptica limitando el ancho de banda y la detección correcta de pulsos en el receptor óptico [28].

Dentro de las pérdidas por atenuación y dispersión se pueden encontrar los tipos detallados en la Figura 1.4.



**Figura 1. 4.** División de pérdidas según el factor que la produce  
**Fuente:** [28]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

## 1.8. Infraestructura para fibra óptica

### 1.8.1. Elementos de interconexión

Debido a que la red se encuentra compuesta por varios tramos que atravesarán distintos entornos, para conformar la red se necesitan ciertos elementos que ayuden a interconectar cada tramo entre sí. Entre ellos tenemos:

#### 1.8.1.1. Conectores

Elementos encargados de conectar las líneas de fibra al transmisor o receptor. Existe una gran variedad de conectores disponibles para cada tipo de fibra óptica y cada uno de ellos con características que los hacen especiales para su uso en diferentes aplicaciones. En la Tabla 1.1 se muestran algunos de ellos y sus características.

**Tabla 1. 1.** Pérdidas por conectores

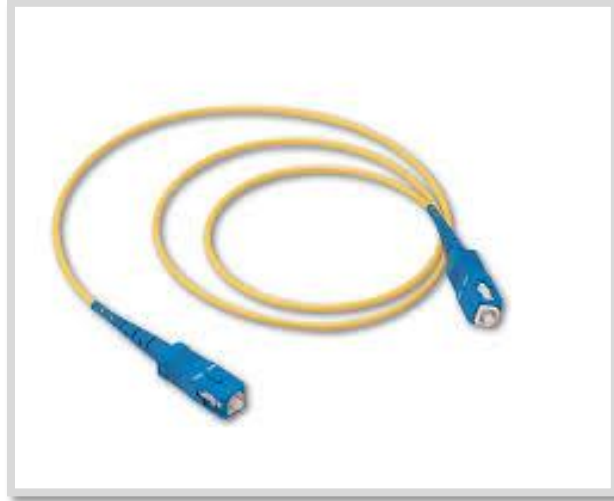
| <b>Conector</b>  | <b>Pérdidas por inserción</b>             | <b>Pérdidas por retorno</b> | <b>Tipo de fibra</b> |
|--|---|-----------------------------|----------------------|
| <b>FC (Ferule Connector)</b>                             | 0.50 - 1.00 dB                            | 0.20 dB                     | Monomodo - Multimodo |
| <b>FDDI (Fiber Distributed Data Interface Connector)</b> | 0.20 - 0.70 dB                            | 0.20 dB                     | Monomodo - Multimodo |
| <b>LC (Lucent Connector)</b>                             | 0.15 dB (Monomodo)<br>0.10 dB (Multimodo) | 0.25 dB                     | Monomodo - Multimodo |
| <b>SC (Subscriber Connector)</b>                         | 0.20 - 0.45 dB                            | 0.10 dB                     | Monomodo - Multimodo |
| <b>SC Dúplex (Subscriber Connector Duplex)</b>           | 0.20 - 0.45 dB                            | 0.10 dB                     | Monomodo - Multimodo |
| <b>ST (Straight Tip)</b>                                 | 0.40 dB (Monomodo)<br>0.50 dB (Multimodo) | 0.40 dB<br>0.20 dB          | Monomodo - Multimodo |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

**1.8.1.2. Patchcord**

También conocidos como cordones de fibra óptica, son cables de longitud corta de uso interior. Como se aprecia en la Figura 1.5, cuentan con conectores en ambos extremos y con presentación dúplex o simplex, los cordones de fibra permiten interconectar de manera directa dos equipos activos, conectar un equipo activo a una ODF (*Optical Distribution Frame*) o también interconectar dos cajas pasivas [14].



**Figura 1. 5.** Patchcord  
**Fuente:** [14]  
**Elaboración:** [14]

### **1.8.1.3. Pigtail**

Los *pigtail* son elementos utilizados para terminar fibra óptica ya sea en módulos, distribuidores ópticos, cajas de distribución ópticas, tomas terminales ópticas, etc. La Figura 1.6 presenta su diseño como un cable alargado ensamblado con conectores que pueden ser del tipo ST, SC y LC. [14].

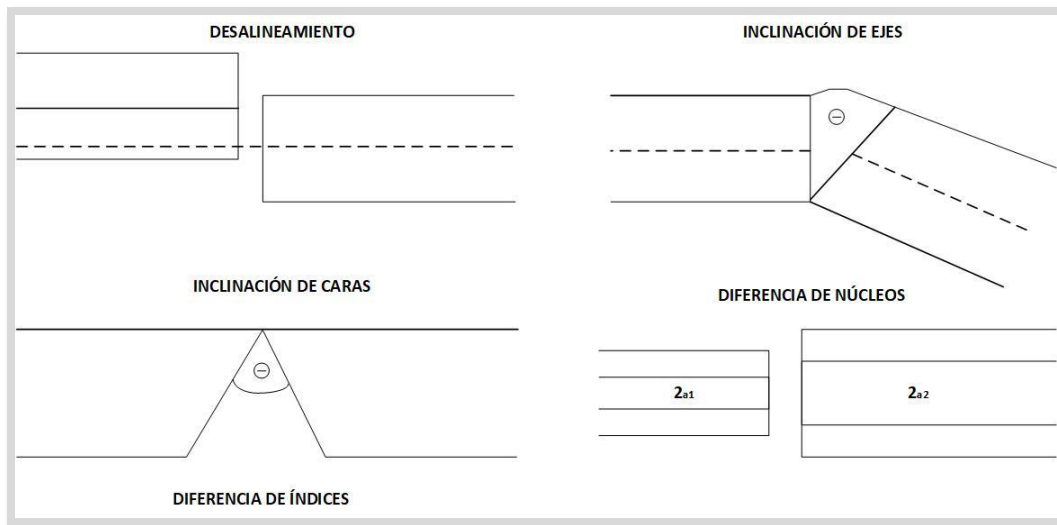


**Figura 1. 6.** Pigtail  
**Fuente:** [14]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]



## 1.8.2. Empalmes

Un empalme es considerado la unión fija que permite la continuidad en la fibra óptica. Cuando estas uniones no se encuentran correctamente fijadas generan pérdidas; estas desuniones son más comunes dentro de las fibras monomodo puesto que el diámetro de su núcleo es muy pequeño ( $10\mu$ ) y esto significa contar con pérdidas por acoplamiento. Este tipo de pérdidas son muy frecuentes en el campo de trabajo y son causadas por malas alineaciones laterales, de separación, angulares, acabados de superficie imperfectos y diferencias entre núcleos o de índices como se muestra en la Figura 1.7 [15].



**Figura 1. 7.** Pérdidas de unión en fibra óptica

**Fuente:** [15]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

En la actualidad, existen técnicas de empalme utilizadas para la unión de forma permanente de fibra óptica.

### 1.8.2.1. Por fusión

Este método se realiza fundiendo el núcleo de la fibra siguiendo ciertas etapas como:

- Preparación y corte de los extremos
- Alineamiento de las fibras
- Soldadura por fusión
- Protección del empalme.

### 1.8.2.2. Mecánicos

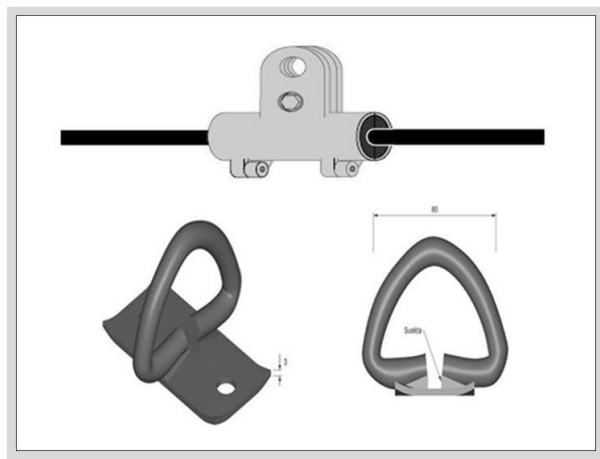
Este método consiste en alinear y sujetar las fibras a través de un elemento mecánico y de un adaptador adhesivo de índice. Esto fijará los extremos de la fibra de una manera permanente [15].

### 1.8.3. Mangas o mufas

Presentan bandejas que permiten alojar los empalmes de fibra óptica y a su vez dan espacio a la acumulación de longitudes adicionales de fibra. Estos elementos son los encargados de proteger los empalmes de cualquier condición que pueda presentarse debido a condiciones ambientales, físicos o de trabajo en el lugar de la instalación [16].

### 1.8.4. Herrajes

Los herrajes fijan el paso de cualquier tipo de paso y pueden ser dos tipos, los cuales son los más utilizados en fibra óptica: herrajes tipo A y tipo B, ambos se colocan en el poste donde se encuentra el tendido de fibra. El tipo A se coloca en el inicio y fin del tramo de fibra óptica y; el tipo B se coloca siempre en línea recta y progresivamente en tramos de 90 metros [16]. La Figura 1.8 presenta un modelo de un herraje para fibra óptica tipo A y B:



**Figura 1. 8.** Herraje tipo A y tipo B para fibra óptica  
**Fuente:** [17]  
**Elaboración:** [17]

## 1.9. Redes de acceso

De acuerdo al IEEE, una red de acceso se denomina al segmento de una red de telecomunicaciones que interconecta los equipos de los abonados con los equipos del borde de la red del proveedor de servicios [18].

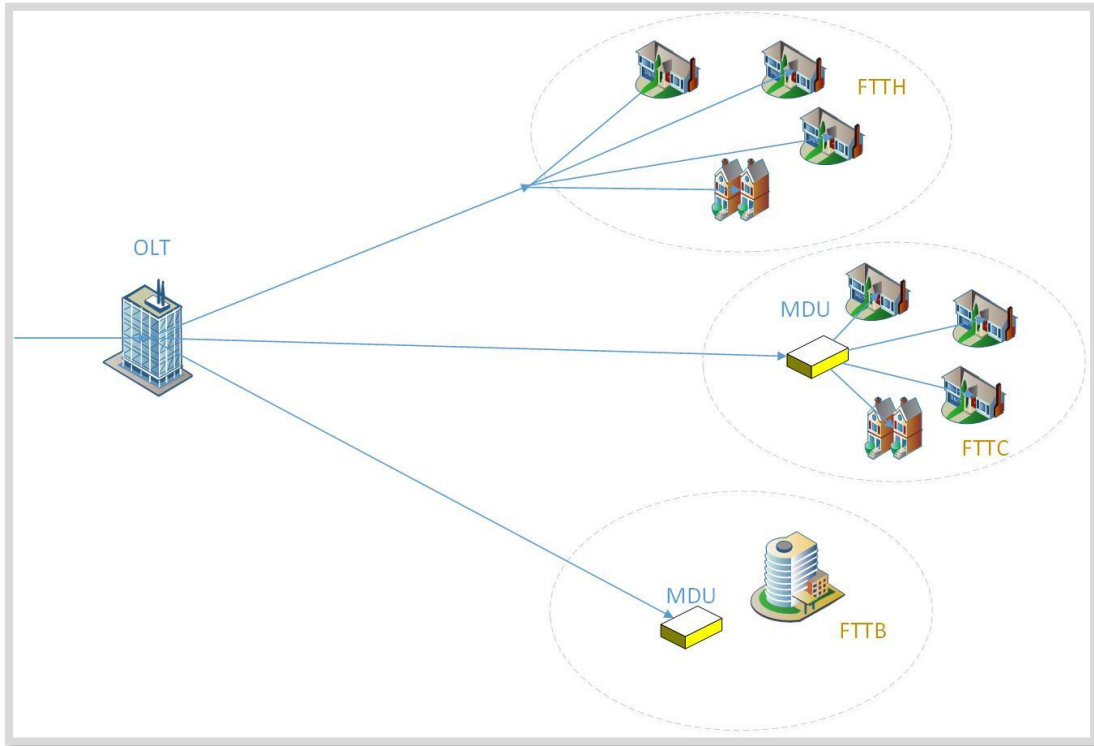
Una red de acceso está compuesta por:

- Medio físico de transmisión
  - o Par de cobre trenzado
  - o Cable coaxial
  - o Fibra óptica
  - o Aire/espacio libre
- Equipos de telecomunicaciones
  - o Acceso DSL
  - o Acceso MSAN (*Multiservice Access Node*)
  - o Acceso óptico
  - o Antenas
- Empalmes y dispositivos de interconexión
  - o Empalmes de par trenzado
  - o Empalmes de fibra óptica
  - o Cajas de distribución

### **1.9.1. Redes de acceso basadas en fibra óptica**

#### **1.9.1.1. Redes FTTx**

Las redes FTTx describen un conjunto de topologías utilizadas en las redes de acceso por fibra óptica y, como sus siglas en inglés lo dicen, significa “*Fibra hasta alguna parte*”. Este tipo de red es el único que cumple con los requisitos actuales y futuros respecto a las proyecciones de ancho de banda debido a sus múltiples ventajas como: alcance, vida útil prolongada, bajos costos de mantenimiento, mayor fiabilidad [18]. En la Figura 1.10 se puede observar un ejemplo de éste tipo de topologías.

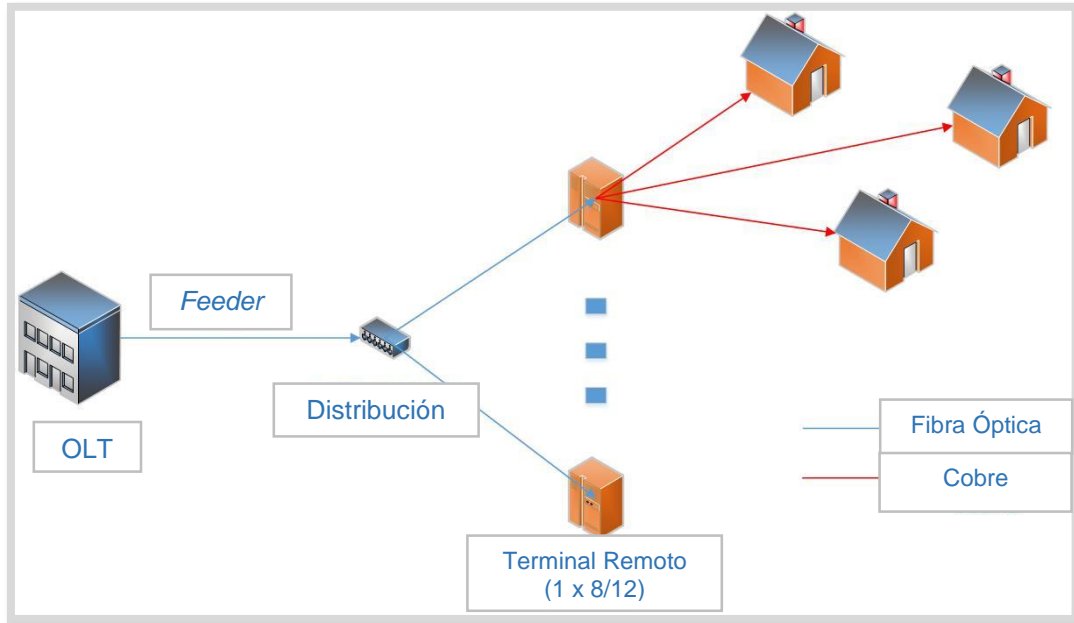


**Figura 1. 9.** Ejemplo de topologías FTTx  
**Fuente:** [18]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

Dependiendo de hasta donde llegue la fibra óptica, se pueden clasificar distintos tipos de despliegue, denominados como FTTx. Entre estos podemos encontrar:

### 1.9.1.2. Redes FTTC (Fiber to the Corner)

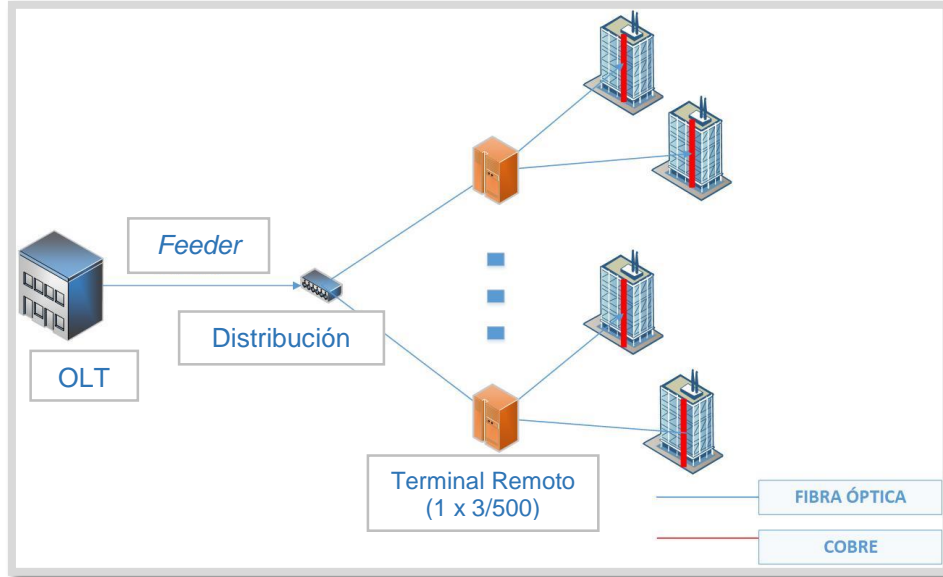
FTTC es una topología mixta (utiliza como medio de transmisión fibra óptica y cobre) en donde el tramo de fibra termina en una cabina en la acera. Esta cabina se ubica más próxima al usuario, en una distancia de 300 y 600 metros como se puede apreciar en la Figura 1.11 [19].



**Figura 1. 10.** Estructura de distribución FTTC  
**Fuente:** [16]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.9.1.3. Redes FTTB (Fiber to the Building)

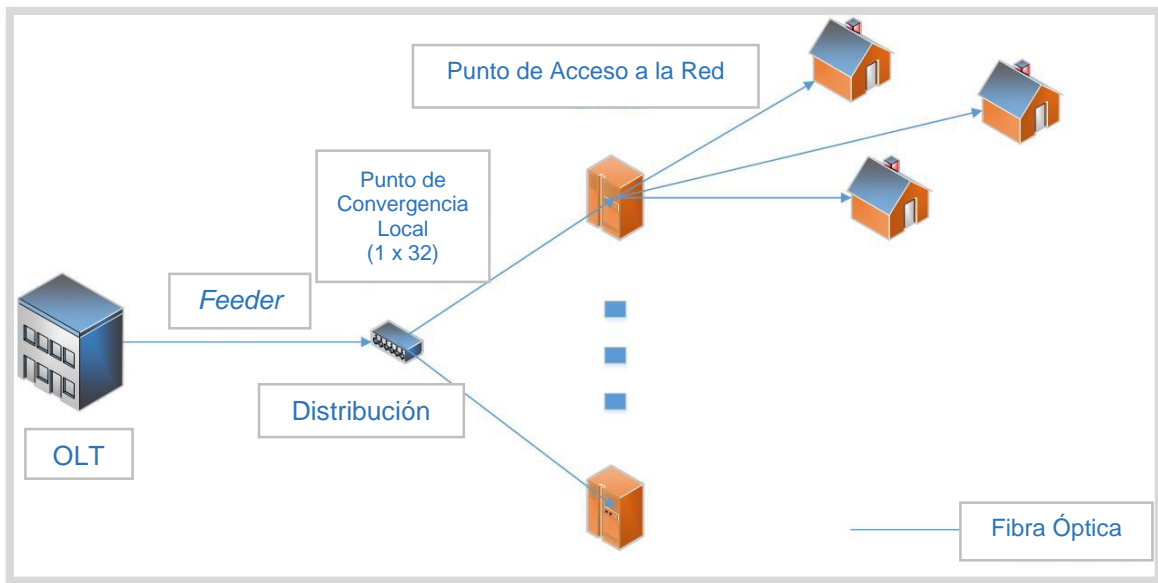
Es una topología mixta en donde el proveedor de servicio llega hasta el cuarto de distribución del edificio. A partir de este punto se llega hasta el usuario utilizando par de cobre y su estructura se encuentra detallada en la Figura 1.12 [19].



**Figura 1. 11.** Estructura de distribución FTTB  
**Fuente:** [16]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

#### 1.9.1.4. Redes FTTH (Fiber to the Home)

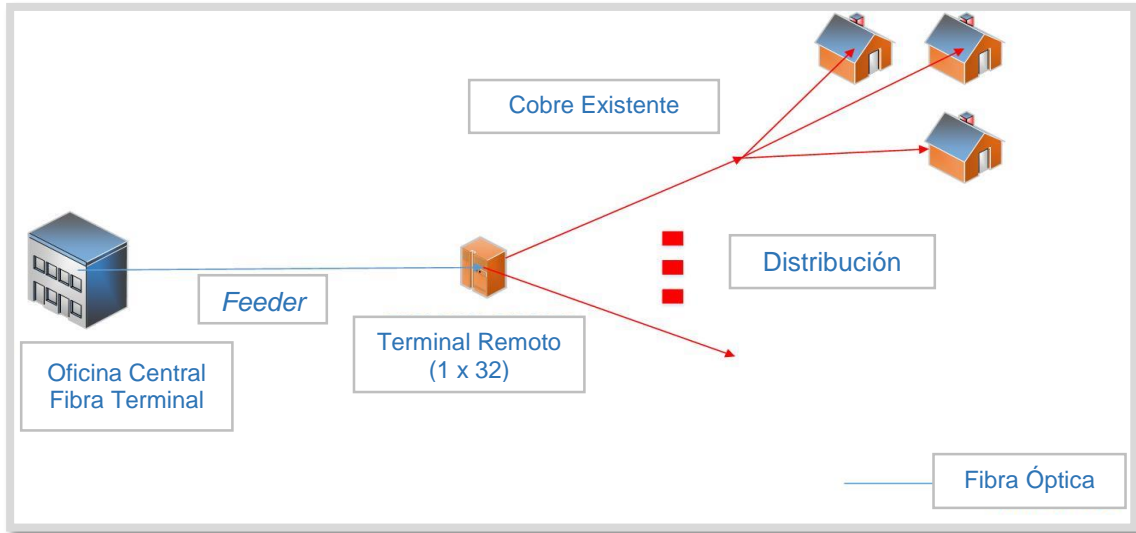
Como se puede observar en la Figura 1.13, ésta topología es totalmente basada en fibra óptica y el tramo de fibra termina en el interior de la vivienda del abonado [19].



**Figura 1. 12.** Estructura de distribución FTTH  
**Fuente:** [16]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.9.1.5. Redes FTTN (Fiber to the Node)

Se define como una topología en donde el tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario. Su estructura está detallada en la Figura 1.14 [19].



**Figura 1. 13.** Estructura de distribución FTTN

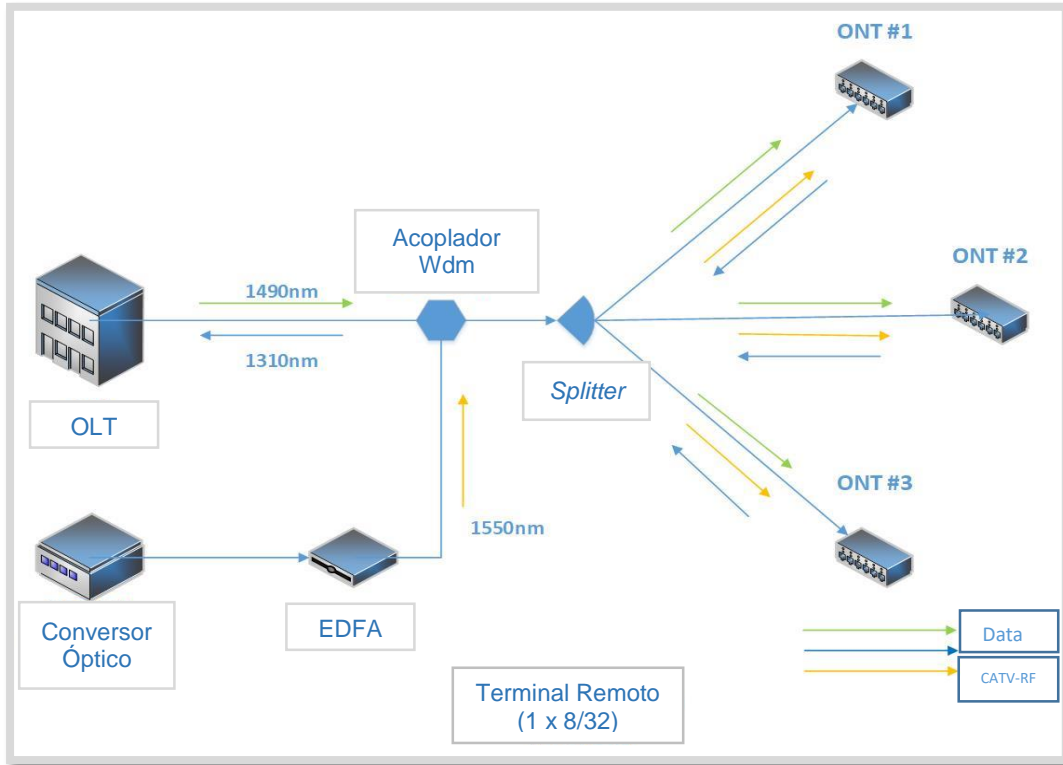
**Fuente:** [16]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.10. Estándares PON (Passive Optical Network)

Debido a la gran demanda de servicios de telecomunicaciones y al uso diario que le da la sociedad, el tráfico que circula por la red crece cada día más volviéndose más exigente. Este aumento de requerimientos se debe en parte al avance tecnológico de equipos y dispositivos que le permiten al usuario acceder a descargas a altas velocidades y a un uso de ancho de banda más elevado.

Gracias a estas razones, se crean las redes PON, las cuales son redes que permiten a los usuarios acceder a grandes ventajas como contar con un ancho de banda extenso, brindar mejor calidad de servicio, facilidad de operación y mantenimiento debido a que cuentan con accesos por medio de fibra óptica. Otra ventaja de este tipo de redes es que reducen en gran porcentaje los costos de red gracias al cambio de elementos activos por una red conformada por elementos pasivos [20].



**Figura 1. 14.** Estructura general de una red PON

**Fuente:** [19]

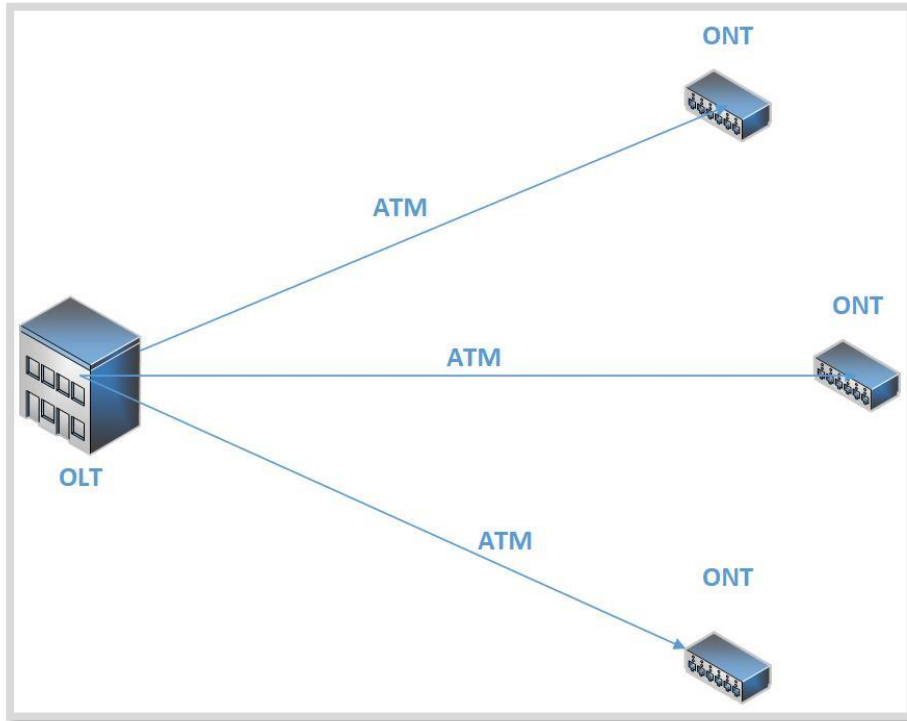
**Elaboración:** [Elaboración propia]

Como se puede observar en la Figura 1.14 la estructura general de una red PON está formada por un módulo OLT (*Optical Line Terminal*) que se encuentra en el nodo central, un splitter o divisor óptico y varias ONT's (*Optical Network Terminal*). La transmisión se da entre la OLT y la ONT, las cuales se comunican a través del *splitter*, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente.

### 1.10.1. APON

Las redes ópticas pasivas ATM (*Asynchronous transfer mode*) o APON utilizan como protocolo de señalización de la capa 2 el estándar ATM. Este tipo de redes utilizan también el protocolo ATM como portador. Puede adecuarse a diferentes arquitecturas de redes de acceso como FTTH, FTTB, FTTC y FTTCab [20]. La arquitectura de una red APON se encuentra detallada en la Figura 1.16.





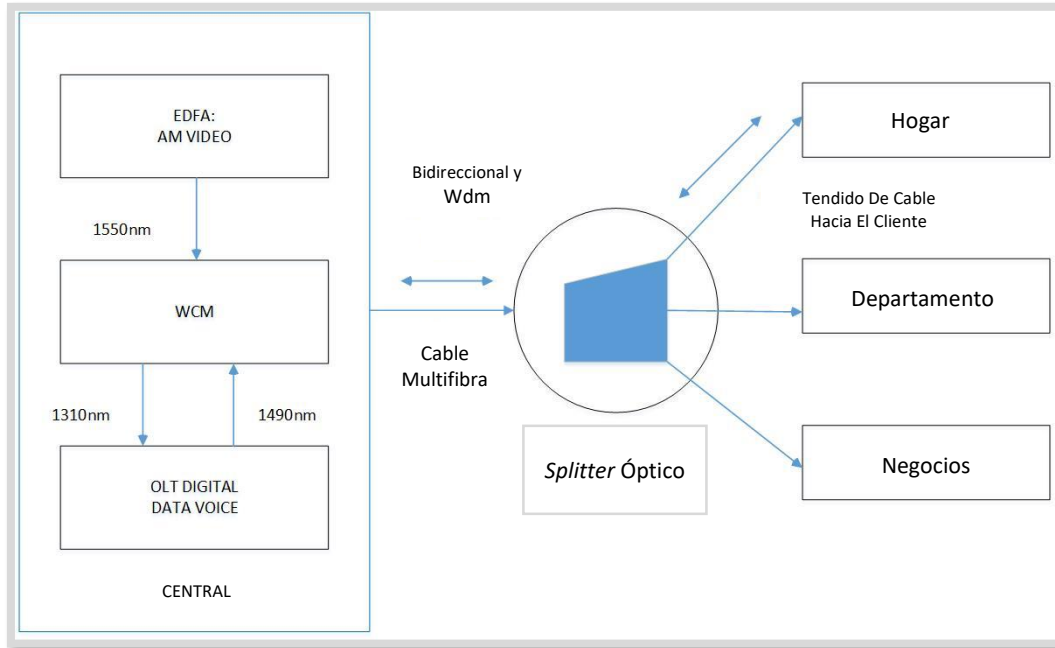
**Figura 1. 15.** Arquitectura de red APON

**Fuente:** [19]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.10.2. BPON

La tecnología de las redes BPON (*Broadband Passive Optical Network*) surge como una mejora de las redes APON con el fin de integrar y obtener acceso a más servicios. Su arquitectura se basa en la de APON, siendo esta nueva más simétrica, es decir, iguala las velocidades de transmisión de datos en el canal de subida como de bajada (155 Mbps). Esto cambiaría con el tiempo puesto que se permitieron arquitecturas asimétricas luego de un tiempo, en donde se tenía una velocidad de transmisión de 155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada [20].



**Figura 1. 16.** Arquitectura de red BPON  
**Fuente:** [21]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

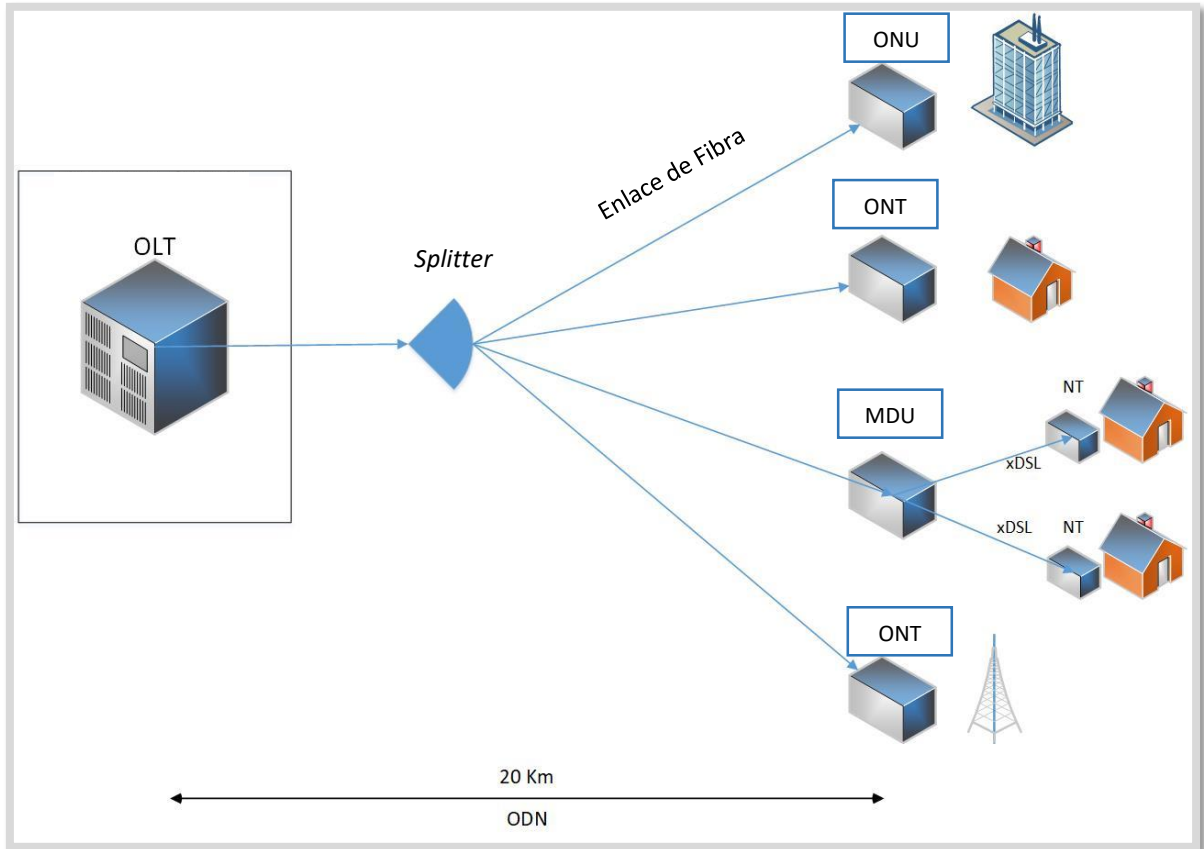
Como se puede observar en la Figura 1.17 la principal característica de una red BPON es la multiplicación por longitud de onda o WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) que utiliza en su nodo central. El objetivo de esta multiplicación es el de incrementar su velocidad de transmisión.

### 1.10.3. GPON

La Red de Fibra Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON), estandarizado por el UIT, permite dar soporte a todos los servicios actuales como voz, datos y video. Este estándar, al ser una evolución de las redes PON, brinda mayor velocidad sobre el mismo medio físico lo que permite aumentar los límites del ancho de banda y así superar la distancia de los tendidos de fibra óptica. Las velocidades de transmisión que se manejan dentro de GPON son de 622 Mbps hasta 125 Gbps con un tráfico asimétrico de 2.5 Gbps en un canal descendente y 1.25 Gbps en un canal ascendente [22].

### 1.11. Arquitectura de red GPON

En la Figura 1.18 se detalla la arquitectura de una red GPON y se detallan adelante cada uno de sus elementos.



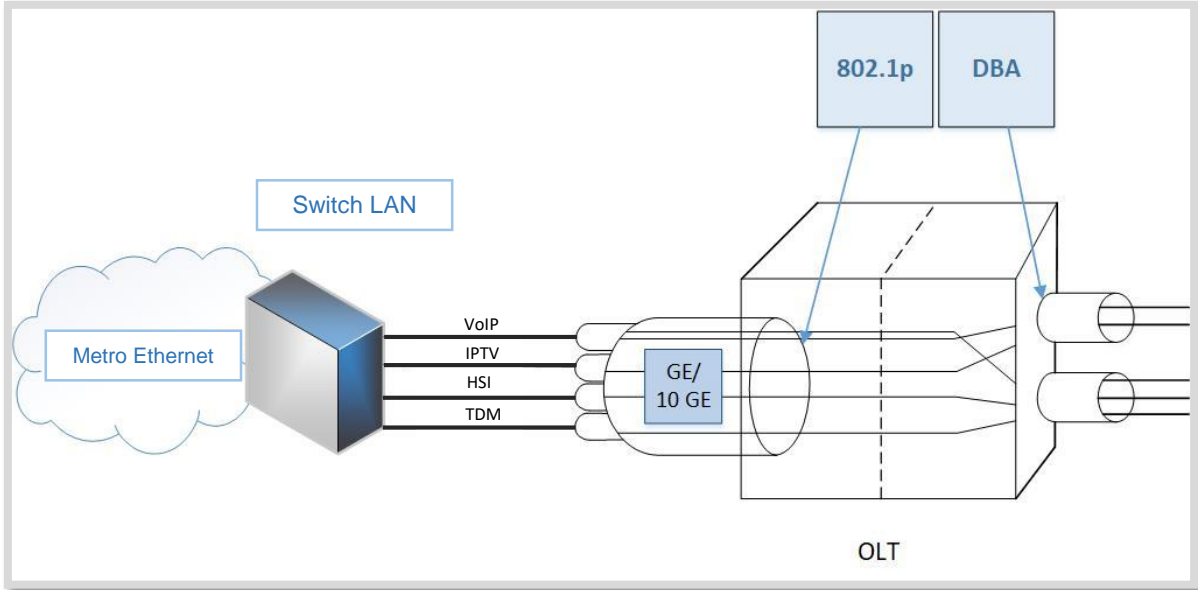
**Figura 1. 17.** Arquitectura de red GPON  
**Fuente:** [22]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

Dentro de la infraestructura de una red GPON se encuentran elementos activos y pasivos. A continuación, se detallan:

### 1.11.1. OLT (*Optical Line Terminal*)

Una OLT es un elemento activo de la red GPON. Se encuentra situado en la central de comunicaciones y de él parte la fibra óptica hacia cada uno de los usuarios. Cada OLT por lo general suele tener una gran capacidad para dar servicio a miles de usuarios. La OLT consta de diversos puertos de línea GPON, cada uno de estos puertos puede soportar hasta 64 ONTs [23].

La OLT tiene como objetivo principal interconectar la red de acceso con la ODN y, a su vez, sincronizar y administrar el tráfico tanto ascendente como descendente. Realiza la conversión de las señales eléctricas utilizadas por el proveedor y las señales de fibra óptica como se muestra en la Figura 1.19 [24].



**Figura 1. 18.** Esquema funcional de una OLT

**Fuente:** [23]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.11.2. ODN (*Optical Distribution Network*)

Una ODN constituye la parte pasiva de la red GPON. Incluye toda la infraestructura óptica desde la OLT a la ONT. Está conformada por elementos ópticos pasivos, como:

#### 1.11.2.1. ODF (*Optical Distribution Frame*)

Un ODF es un elemento pasivo que representa un distribuidor de fibra óptica, es decir, permite la conexión de un segmento de fibra a la OLT. Organiza y distribuye los hilos de fibra para mejorar su acceso y mantenimiento [25].



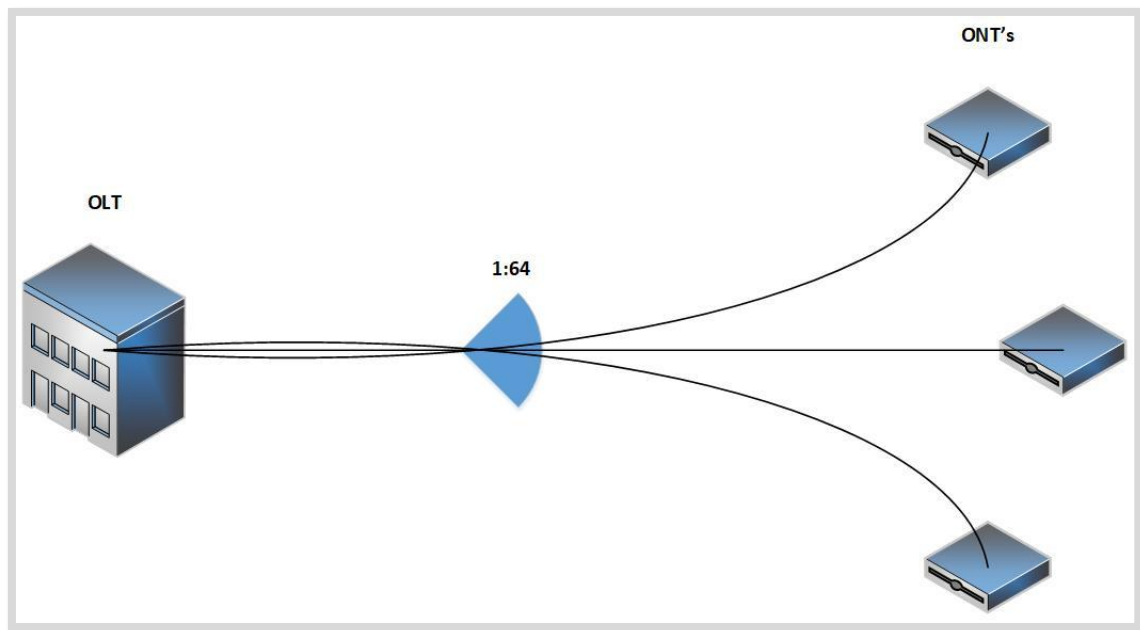
**Figura 1. 19.** ODF

**Fuente:** [25]

**Elaboración:** [25]

### 1.11.2.2. Cable Feeder

Cable o grupo de cables que interconectan las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del *splitter* primario. Por lo general, tiene una capacidad de 144 hilos, instalados de forma subterránea en el interior de conductos o subconductos. En ciertos casos también se puede realizar un tendido aéreo para este tipo de cable [24].



**Figura 1. 20.** Aplicación del splitter  
**Fuente:** [24]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

### 1.11.2.3. Cable de distribución

El cable de distribución tiene la función de interconectar *splitters* primarios con secundarios en caso de existir, sino existen *splitters* secundarios, interconecta un *splitter* primario con una caja de distribución [25].

### 1.11.2.4. Splitters

Encargados de la división óptica, es decir, cuando la señal óptica ingresa el *splitter* es el encargado de replicar por su salida la señal que ingresa. Los niveles de atenuación dentro de la ODN aumentarán conforme a la cantidad de salidas que tenga el *splitter* como se puede observar en la Tabla 1.2 [16].

**Tabla 1. 2.** Índice de atenuación según el tipo de splitter

| <b><i>Splitter</i></b> | <b>Atenuación (dB)</b> |
|------------------------|------------------------|
| 1:2                    | 4.3                    |
| 1:4                    | 7.6                    |
| 1:8                    | 11.1                   |
| 1:16                   | 14.1                   |
| 1:32                   | 17.5                   |
| 1:64                   | 20.8                   |
| 2:4                    | 7.9                    |
| 2:8                    | 11.5                   |
| 2:16                   | 14.8                   |
| 2:32                   | 18.5                   |
| 2:64                   | 21.3                   |

**Fuente:** [16]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

En una red GPON un *splitter* o varios *splitters* se encuentran dentro de los armarios ópticos y pueden contar con distintas tasas de división óptica las cuales son representadas de la siguiente manera: 1:N, donde N puede ser 2, 4, 8, 16, 32, 64 o 128 [16].

#### **1.11.2.5. NAP (*Network Access Point*)**

Una NAP o también conocida como caja de distribución óptica, es el punto que permite la conexión entre el cable de distribución y el cable de acometida hacia los abonados. Son ubicadas físicamente de forma aérea en postes, canalizadas en pozos o también, en ciertos casos, adosadas a la pared como se puede ver en la Figura 1.22. Son además puntos de corte para labores de mantenimiento [24].



**Figura 1. 21. NAP**  
**Fuente:** [24]  
**Elaboración:** [24]

### **1.11.3. ONT (*Optical Network Terminal*)**

La ONT es el elemento que se encuentra situado en casa del usuario en donde termina la fibra óptica y ofrece las interfaces del usuario. Es la encargada de recibir y filtrar la información destinada a un usuario determinado procedente de la OLT.

Además, cumple su función en inversa, es decir, encapsula la información procedente del usuario y la envía de regreso a la OLT. Normalmente se encuentran instalados en los hogares junto a la roseta óptica y su apariencia física es como la mostrada en la Figura 1.23 [19].



**Figura 1. 22. ONT**  
**Fuente:** [19]  
**Elaboración:** [19]

**CAPÍTULO 2**  
**MÉTODOS Y MATERIALES**

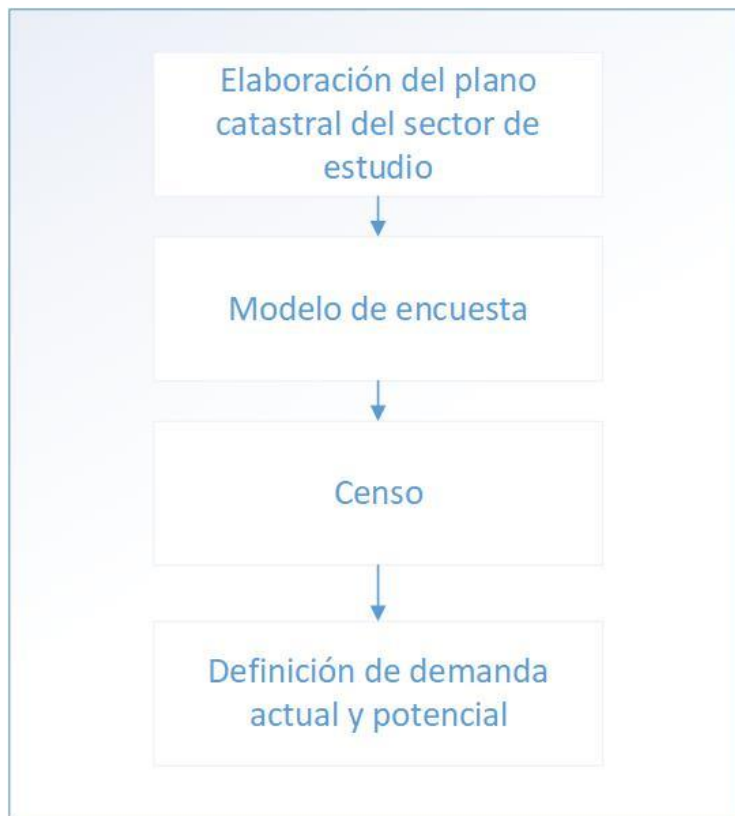


## 2.1. Introducción

Para el diseño de la red ODN se dividió el proceso en dos partes: el levantamiento de línea base y la secuencia de diseño de la red. A continuación, se detalla el plan de trabajo llevado a cabo para la realización completa de este trabajo de titulación.

Como antesala de todo el proceso realizado, se estableció un convenio de palabra y legal con la CNT E.P., en donde se firmaron los documentos pertinentes para el uso apropiado de información recibida por parte de la empresa. Dicha información consta de bases de datos de los abonados existentes en lo que respecta a la red de cobre con información como: dirección, número telefónico, nombre del abonado y dirección del domicilio. Cabe señalar que, previo a la entrega de esta información, se discutió el área de cobertura a diseñar y se pudo limitar las áreas específicas de trabajo las cuales se presentan en el alcance del proyecto.

Para el levantamiento de línea base se siguió el proceso mostrado en la Figura 2.1:



**Figura 2. 1.** Proceso para el levantamiento de línea base

**Fuente:** [Elaboración propia]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Se solicitó un plano georreferenciado de la ciudad de Loja para diseñar la red, para esto se utilizó el software AutoCAD; al ser éste un plano catastral del año 2014, se realizó un reconocimiento del sector para así corregir los sectores que presentan cambios en la actualidad como lotes divididos, manzanas adicionales, calles faltantes, entre otros. Se colocó la simbología de postes existentes en todas las calles del sector de estudio, estos postes fueron colocados de manera georreferenciada. Para conocer las coordenadas exactas de los postes ubicados en el plano, se tomó la información de la página web de la EERSSA (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.), la cual contiene toda la información necesaria de planta externa de la ciudad.

Para diseñar el modelo de encuesta (Anexo 1) se tomaron en cuenta encuestas realizadas anteriormente en la ciudad de Loja en otros proyectos de la CNT E.P. y las preguntas fueron formuladas de manera que se pueda: determinar el tipo de abonado (comercial, residencial, etc.), número de familias, proveedores de servicios de telecomunicación y servicios contratados actualmente.

Una vez que se realizó el censo en el sector de estudio se pudo elaborar la base comercial del sector, la cual es un requisito por parte de la CNT E.P. y deberá ser entregada finalizado el trabajo de titulación junto con los demás requerimientos acordados antes de empezar con el diseño de la red. La base comercial se la detalló en una hoja de Excel con los datos obtenidos a través del censo al sector y consta de: nombres del usuario, sector, calles, código, teléfono, cédula y coordenadas la ubicación de su domicilio. Los resultados finales del levantamiento de demanda están detallados en el Capítulo 3.

Como segunda parte del diseño de la red ODN se tiene la secuencia de diseño utilizada, la cual se puede observar en la Figura 2.2:



**Figura 2. 2.** Secuencia de diseño de la red.

**Fuente:** [Elaboración propia]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Para el diseño de la red de dispersión se delimitaron los sectores de trabajo, los cuales quedaron distribuidos en 6 distritos en donde se realizó la división necesaria de cada uno de ellos para agregar las zonas de dispersión. Se ubicó cada uno de los símbolos de demanda dentro de cada uno de los predios del plano catastral, así como los de las ONTs (una ONT por cada abonado). Dentro de cada símbolo de demanda es importante ingresar la mayor cantidad de información que se tenga acerca del mismo como: nombre, número de teléfono, número de líneas, distrito y caja a la que pertenezca.

Con los abonados ubicados de manera correcta, se procedió a agruparlos en lo que se denomina “áreas de dispersión”, las cuales representan el área de cobertura de una caja de dispersión óptica. Los parámetros de diseño para cada una de las áreas de dispersión se encuentran destacados en el Capítulo 3. Una vez agrupadas las áreas de dispersión, se

colocaron las cajas de dispersión ópticas o NAPs en los postes dentro de cada área de dispersión; según la normativa de la CNT E.P., puede existir una distancia máxima desde una NAP hacia un abonado de 300 metros.

Para diseñar la red de distribución, la cual conectará los armarios de distribución óptica con las NAPs, se recomienda el uso de cables con capacidad de 6, 12, 24, 48, 72 o 96 hilos. En el presente diseño se utilizó una distribución lo más acercada a una red óptima que permita únicamente el uso de cables con capacidad de 6, 12, 24 y 48 hilos. Al contar con sectores con alta densidad de usuarios se optó por ubicar dos NAPs en un mismo poste debido a que el número de postes disponibles en ciertos sectores era muy pequeño en comparación al número de áreas de dispersión. En caso de que un tramo de fibra de distribución sea muy extenso o se necesite albergar una caja y no exista poste, fue permitido proyectar uno nuevo, siempre haciéndolo de manera que el tramo de fibra no sufra cambios o cruces considerables dentro de la misma calle. Estos postes proyectados se ubicaron teniendo como principal norma ser colocados en una posición contraria a la dirección de los postes ya existentes, es decir al frente de la calle donde se los necesita, pues no deben interferir con el cableado eléctrico ya existente en dicho tramo. Dentro de esta red se incluyen herrajes de paso y retención en el paso de los tramos de fibra, estos fueron ubicados en cada uno de los postes donde se necesite retener o finalizar algún tramo de fibra óptica. De la misma manera se utilizaron cruces americanos, los cuales fueron instalados en circunstancias en donde no se tenía un poste para un herraje y se necesitó realizar un cambio de dirección en el tramo de fibra óptica; este recurso permitió ahorrarse la proyección de postes nuevos en ciertos casos.

La siguiente etapa en el diseño es la red *Feeder*, en esta red se utilizó un cable de fibra que alimentará a los armarios de cada una de las zonas de distribución en los cuales se hizo una derivación de hilos en cada uno de los armarios. Debido a que el tipo de abonado existente en el sector de estudio en su mayoría es del tipo residencial y no corporativo, no fue necesario el diseño de una red corporativa. De haberse necesitado, se incluiría una red de dispersión independiente en la planimetría final.

Es importante tener en cuenta los planos de canalización del sector pues fueron necesarios para el diseño de la red antes mencionada. Debido a que la canalización existente en el sector sólo cubría la mitad del mismo, fue necesario proyectar tramos de canalización en áreas estratégicas que permitan el fácil acceso para cada una de las distribuciones en cada una de las zonas. Junto con esto, se agregaron subidas a poste junto a los pozos utilizados

para la distribución en cada una de las zonas y se revisó que en cada una de las líneas de fibra dibujadas sean realizadas con un ángulo recto cuando sea necesario realizarlas en curvas.

Para finalizar el diseño y proceder con la entrega del mismo, fue necesario realizar el cálculo de volumen de obra; éste contabiliza los materiales a utilizar dentro de una posible implementación del proyecto, es decir: cantidad de cajas utilizadas, longitud de fibra empleada en el diseño, pozos, canalización proyectada, postería, herrajes, etc.

Como último paso, se realizó el análisis financiero del proyecto, el cual incluye cada uno de los costos por red calculados, costo por instalación de servicios y cada uno de los aspectos que generaran una inversión inicial; sumado a esto, es necesario también los cálculos de egresos por año, costos por mantenimiento y de la misma manera cada uno de los ingresos mensuales y anuales que generará la red una vez implementada. Con toda esta información como base para el análisis financiero, se realizó el cálculo de cada uno de los indicadores financieros: VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) y se procedió a analizar si el diseño de la red representaría una buena inversión a futuro.

## **2.2. Encuesta**

Dentro del cálculo de la demanda, se presenta el detalle del formato de encuesta realizada y la importancia de cada una de las preguntas realizadas, así como una explicación breve de las mismas. El formato final de la misma se encuentra detallado en el Anexo 1.

**Tabla 2. 1.** Modelo de encuesta

| <b>Pregunta</b>  | <b>Importancia dentro del cálculo final</b>  |
|--|--|
| <b>1. El tipo de abonado es de tipo:</b>   | <p>Permite identificar el tipo de abonado o predio en el caso del diseño de red. Con esto se puede separar las encuestas válidas de las no válidas. Las encuestas no válidas se les determina si el predio es un garaje, lote o una construcción; en este caso, dentro del diseño, este tipo de predio se considerará como demanda futura.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Residencial</li> <li>- Comercial</li> <li>- Residencial y comercial</li> <li>- Construcción</li> <li>- Lote</li> <li>- Garaje</li> <li>- Taller</li> <li>- Instituciones públicas o privadas</li> </ul> |  |
| <b>2. ¿Qué tipo de servicios de telecomunicación posee actualmente el abonado?</b>   | <p>Determina el servicio o servicios contratados actualmente por el abonado. Esta información será útil para analizar qué proveedor es el que domina en demanda dentro del sector o sectores de estudio.</p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija</li> <li>- Internet</li> <li>- Televisión Digital</li> </ul>   |  |
| <b>3. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de telefonía fija:</b>  | <p>Permite conocer el nombre del proveedor de telefonía fija con el que mantiene contrato el abonado. Esta información permitirá conocer qué proveedor domina el mercado en este sector.</p>   |
| <b>4. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de internet:</b>  | <p>Permite conocer el nombre del proveedor de Internet con el que mantiene contrato el abonado. Esta información permitirá conocer qué proveedor domina el mercado en este sector.</p>   |
| <b>5. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de televisión digital:</b>  | <p>Permite conocer el nombre del proveedor televisión digital con el que mantiene contrato el abonado. Esta información permitirá conocer qué proveedor domina el mercado en este sector.</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>6. Si tiene servicios contratados con la CNT, especifique el nombre y número telefónico del abonado.</b></p>  | <p>Aunque esta pregunta no entra en el proceso de tabulación, es importante conocer esta información para identificar dentro del plano de diseño el número del abonado; este dato se especificará dentro de los atributos de la demanda existente en el diseño de red en AutoCAD.</p> |
| <p><b>7. ¿Desearía contar con alguno de los siguientes servicios?</b></p>   | <p>Con esta pregunta se pretende tener una cifra aproximada de la demanda futura en caso de que el abonado no posea uno o varios de los servicios de telecomunicación antes mencionados dentro de las anteriores preguntas de esta encuesta.</p>                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija</li> <li>- Internet</li> <li>- Televisión Digital</li> <li>- Telefonía Fija e Internet</li> <li>- Telefonía Fija y TV Digital</li> <li>- Internet y TV Digital</li> <li>- Telefonía Fija, Internet y TC Digital</li> <li>- Ninguno</li> </ul> |   |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

**CAPÍTULO 3**  
**DISEÑO DE RED ODN CON TECNOLOGÍA GPON**



### **3.1. Estudio de demanda**

Los sectores de estudio en el presente trabajo de titulación representan una gran cantidad poblacional de la ciudad de Loja. Para mejor detalle de la información con respecto a los sectores de estudio se realizó un total de 1779 encuestas, de las cuales se pudo obtener información acerca de los servicios de telecomunicación que tiene cada uno de estos abonados.

La realización de esta encuesta permitió conocer el estado actual de la red en lo que respecta los proveedores de servicios de telecomunicación como son: telefonía fija, internet y televisión digital. De los resultados de estas encuestas también se obtuvieron datos importantes, por ejemplo, si el abonado desea contratar un servicio adicional al que cuenta en la actualidad o, en caso de no contar con ninguno, contratar los tres servicios por medio de un mismo proveedor.

Como información adicional, se pudo conocer si el tipo de abonado encuestado es residencial, comercial, institución pública, representa un lote vacío, vivienda en construcción, garaje o taller. Cabe destacar que la cifra de lotes vacíos y en construcción pueden ser tomados en cuenta como demanda futura.

#### **3.1.1. Demanda actual**

La demanda actual está conformada por cada abonado que posea uno o varios servicios de telecomunicación, sea cual sea el proveedor de servicios del mismo. Las tablas a continuación presentan el resultado tabulado de las encuestas realizadas, así como los datos representados en gráficos porcentuales:

**Tabla 3. 1.** Tipo de abonado encuestado

| <b>Tipo de abonado</b>            |      |
|-----------------------------------|------|
| Residencial                       | 1361 |
| Comercial                         | 159  |
| Residencial y comercial           | 125  |
| Construcción                      | 44   |
| Lote                              | 64   |
| Garaje                            | 16   |
| Taller                            | 8    |
| Instituciones públicas y privadas | 2    |
| Total                             | 1779 |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

**Tabla 3. 2.** Tipo de servicios contratados

| <b>Tipo de servicio contratado</b> |      |
|------------------------------------|------|
| <b>Telefonía fija</b>              | 1305 |
| <b>Internet</b>                    | 982  |
| <b>Televisión digital</b>          | 698  |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

**Tabla 3. 3.** Proveedores de servicio de telefonía fija

| <b>Proveedor de servicio de telefonía fija</b> |      |
|--|------|
| <b>CNT</b>                                     | 1149 |
| <b>TvCable</b>                                 | 156  |

Fuente: Elaboración propia  
Elaboración: [Elaboración propia]

**Tabla 3. 4.** Proveedores de servicio de internet

| <b>Proveedor de servicio de internet</b> |     |
|--|-----|
| <b>CNT</b>                               | 758 |
| <b>TvCable</b>                           | 175 |
| <b>Netplus</b>                           | 27  |
| <b>Clix</b>                              | 13  |
| <b>PuntoNet</b>                          | 9   |

Fuente: Elaboración propia  
Elaboración: [Elaboración propia]

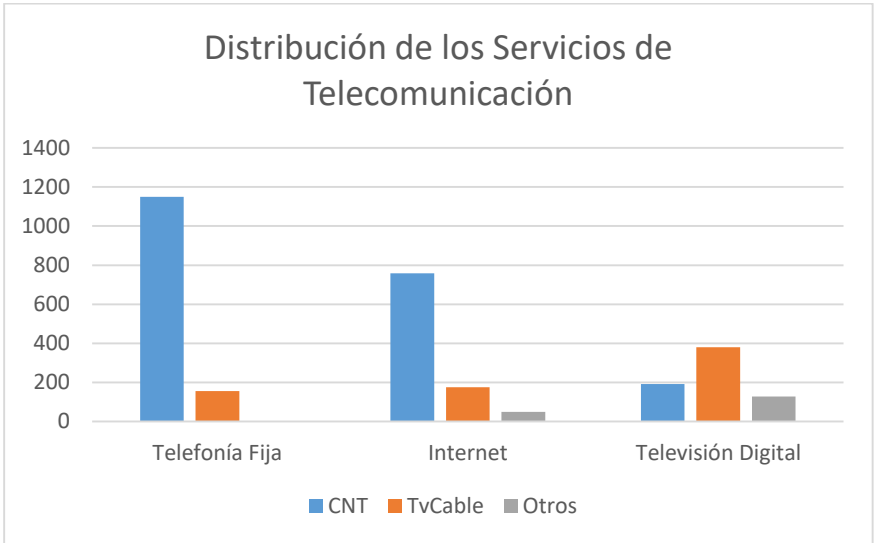
**Tabla 3. 5.** Proveedores de servicio de televisión digital

| <b>Proveedor de servicio de televisión digital</b> |     |
|--|-----|
| <b>CNT</b>   | 192 |
| <b>TvCable</b>                                     | 379 |
| <b>DirecTV</b>                                     | 96  |
| <b>GlobalTv</b>                                    | 22  |
| <b>ClaroTv</b>                                     | 9   |

Fuente: Elaboración propia  
Elaboración: [Elaboración propia]

Dentro de los aspectos señalados en las tablas de información se puede destacar que la empresa CNT E.P. ha logrado dominar el mercado en lo que respecta la telefonía fija e internet, pero la empresa TvCable tiene el dominio en televisión digital. Además, se puede observar que existen otras empresas, incluidas empresas de la localidad, que se deben tomar en cuenta, aunque cuenten con pocos usuarios en el sector.

A continuación, se muestra una distribución gráfica de los servicios de telecomunicación por proveedor; se ha simplificado los proveedores diferentes a las empresas CNT y TvCable como “otros” puesto que no representan una cantidad significativa frente a las dos empresas primeramente mencionadas.



**Figura 3. 1.** Distribución gráfica de los servicios de telecomunicación por proveedor  
**Fuente:** Elaboración propia

**3.1.2. Demanda potencial**

Dentro de la demanda potencial se debe tomar aquella información recopilada de las encuestas válidas para determinar cuántos usuarios desearían optar por el servicio una vez que la red ODN esté completamente implementada y aquellos que quieran contar por primera vez uno o varios servicios. El total de la demanda potencial se muestra en la Tabla 3.6:

**Tabla 3. 6.** Demanda potencial de servicios de telecomunicación

| <b>Servicio de telecomunicación</b>        | <b>Demanda</b> |
|--|----------------|
| <b>Telefonía fija</b>                      | 105            |
| <b>Internet</b>                            | 191            |
| <b>Televisión digital</b>                  | 121            |
| <b>Telefonía fija e Internet</b>           | 187            |
| <b>Telefonía fija y Televisión digital</b> | 98             |
| <b>Internet y Televisión digital</b>       | 241            |
| <b>Triple Pack</b>                         | 69             |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Para complementar la información obtenida a través de las encuestas y de la base de datos de la CNT E.P., se hizo un reconocimiento en cada lote de los sectores para que, con la información de su medidor (su código para ser precisos) se pueda acceder a la información que no se pudo obtener por medio de las encuestas o de la demanda de la CNT E.P. Esto se lo hace buscando el código del medidor en la base comercial, encontrando el usuario y, si no se encuentra dentro de la información recogida de las encuestas, agregarla a la demanda actual. Así se puede compensar la información de usuarios que vivan dentro de una edificación de arriendos, villas, edificios departamentales, etc., que no hayan sido encuestados, pero cuenten con su domicilio o departamento con acceso a servicios básicos y de telecomunicación. De esta manera se pudo llegar a un número total de 1852. A partir de este dato se podrá trabajar en el cálculo del crecimiento poblacional de la demanda.

### 3.1.3. Crecimiento poblacional

Tomando en cuenta que los equipos ópticos por lo general no están diseñados para un uso continuo superior a 10 años y acorde a los requerimientos de la CNT E.P. se puede dimensionar de manera correcta la red, tomando en cuenta una tasa de crecimiento del 1.1% [26], dejando la demanda potencial de la siguiente manera [24]:

$$D(t) = D_0(1 + i)^t$$

$D(t)$  = demanda potencial

$D_0$  = demanda actual

$i$  = tasa de crecimiento

$t$  = tiempo

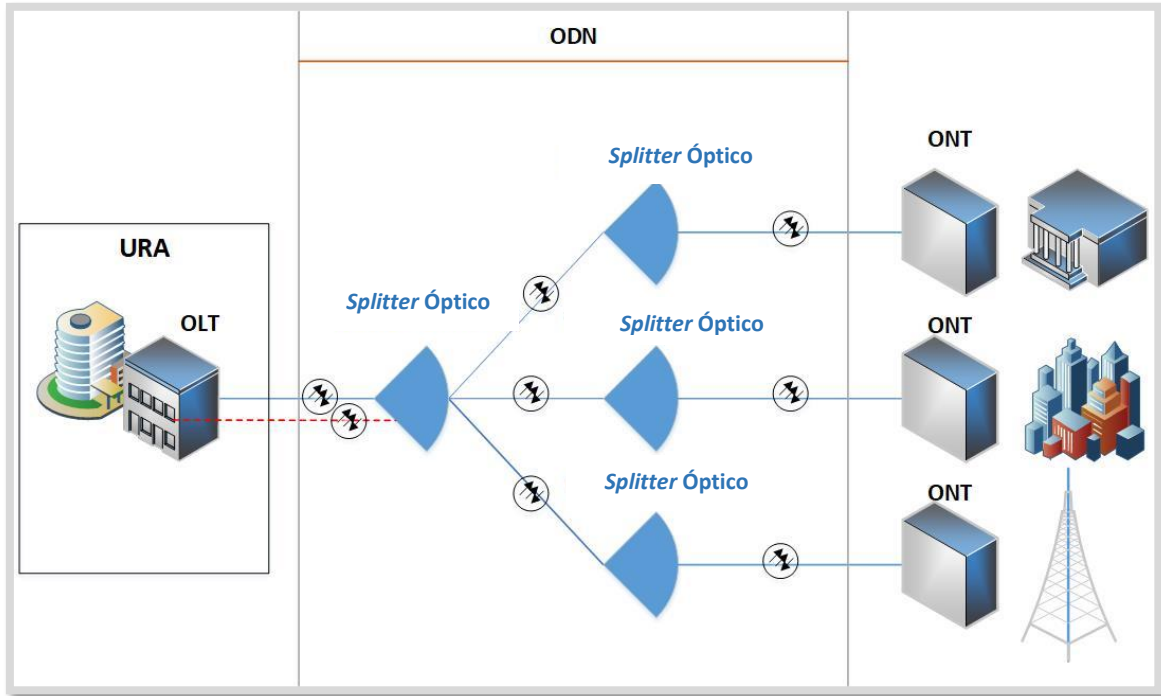
$$D(t) = 1852 (1 + 1.1\%)^{10}$$

$$D(t) = 2066.10 \cong 2066$$

### 3.2. Diseño de la red ODN

Antes de entrar a la parte de diseño, se recomienda contar con las normativas vigentes de la CNT E.P., correspondientes al diseño, dibujo, simbología, diseño de planta externa, entre otras. Éstas servirán como guía para satisfacer cualquier inquietud que se presente a lo largo del proyecto y fueron facilitadas por la misma empresa.

Como referencia al modelo de arquitectura a usar, se considera el modelo GPON de la CNT E.P., el cual se encuentra estructurado de tal manera que pueda cumplir los requerimientos necesarios como el soporte de servicios comerciales y las tasas nominales de dirección de *downstream* de 2.4 Gbps y 1,2 Gbps *upstream*. La arquitectura antes mencionada se presenta en la Figura 3.2:



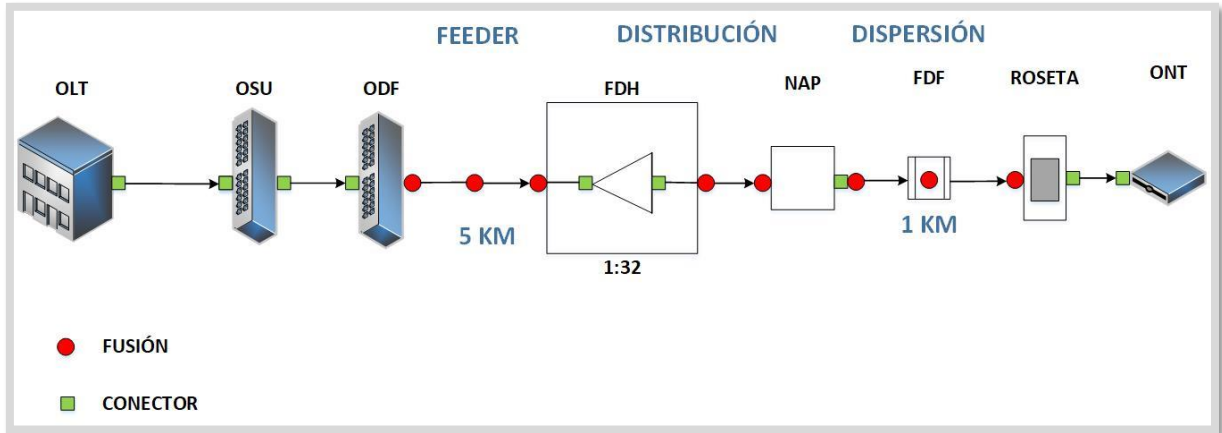
**Figura 3. 2.** Arquitectura GPON – CNT E.P.

**Fuente:** [27]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Existen varios modelos de ODN definidos por la CNT E.P. en los que cada uno se distingue por las diferentes etapas de diseño para el ingreso de fibra óptica desde la OLT hasta la ONT; sus diferentes tipos de fibra a utilizar, nivel de *splitter* a utilizar, pérdidas por atenuación o la infraestructura de las cajas son factores que determinan el tipo de modelo de ODN a utilizar.

El modelo de ODN a utilizar está basado en el requerimiento de la misma CNT E.P. y corresponde al modelo “Masivos/Casas”, el cual está diseñado para implementarse para el despliegue de redes GPON FTTH y tiene la capacidad de llegar a más de 96 clientes. Este modelo se encuentra detallado en la Figura 3.3.



**Figura 3. 3.** Modelo de ODN – CNT E.P.  
**Fuente:** [27]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

Dentro de otros modelos de ODN de la CNT E.P. se pueden encontrar algunos ejemplos como lo son: [27]

- Modelo Masivos/Edificios
- Modelo Multi accesos
- Modelo Corporativo/Edificios (Hasta 10 pisos)
- Modelo Corporativo/Edificios (de 10 pisos a 20 pisos)
- Modelo Parque Industrial
- Modelo Radio Base 3G/4G

Esta información se encuentra en las normativas proporcionadas por la empresa antes de empezar con la realización de este proyecto [27].

Para el diseño óptimo de la red es necesario considerar ciertos aspectos que permitirán que el diseño final se encuentre acorde a los requerimientos de la CNT E.P y a la demanda calculada para el presente proyecto. Entre éstas, tenemos:

- El plano de trabajo debe estar georreferenciado. Esto permitirá que las distancias consideradas en las próximas recomendaciones sean lo más cercanas a la realidad, evitando realizar levantamiento de datos y así, optimizar el tiempo de trabajo.



- La demanda total debe constar en el predio correspondiente en el plano anteriormente mencionado. Esto facilitará el proceso de creación de áreas de dispersión.
- Se debe revisar la información de obra civil existente del sector (canalización) y realizar un levantamiento de datos del sector. Esto con el fin de considerar ciertos aspectos irregulares en el mismo y así evitar problemas futuros.
- Obtener la información de postería ya sea por medio de la CNT E.P. o de la EERSSA.
- Definir cada área de dispersión con una ocupación del 80% para demanda actual y 20% para la ampliación de la red; esta distribución se la hace para dejar espacio a la ocupación de una posible demanda futura en el sector. Se debe recordar que, para conectar los tramos de cableado aéreo, no se recomienda cruzar una vía principal o de alto flujo de tráfico. En este caso, se debe instalar la caja de distribución en el otro lado de la vía principal.
- La distancia recomendada entre una caja de distribución y el abonado más lejano dentro de su área de dispersión es de 300 metros. A pesar de esto, con respecto a la normativa CNT E.P., esta distancia puede variar en función a la atenuación máxima que esta deba presentar. Esta atenuación estará fijada en 28dB de acuerdo a las recomendaciones para diseño de redes GPON de la CNT E.P.

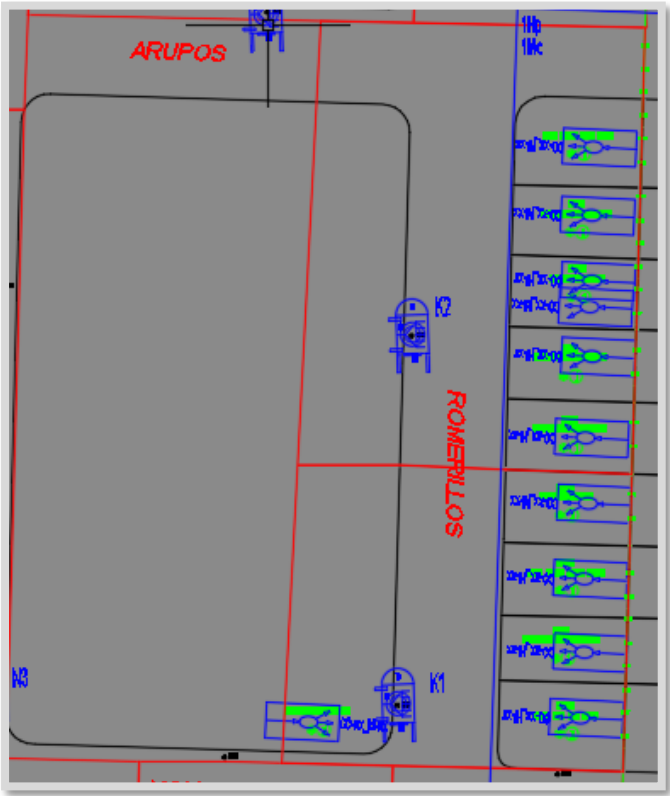
### **3.2.1. Diseño de la red de dispersión**

La red de dispersión, en base a la normativa de la CNT E.P, es el área de influencia de una caja de distribución óptica y va desde la caja de dispersión hasta la ONT. Consta del poste (donde se instalará la caja de dispersión óptica), las ONT's y la caja de dispersión. Cada una de estas áreas está compuesta por 8 abonados, en donde, solamente se agruparán 6 abonados, dejando 2 de éstos para la ampliación de la red. La unión de todas estas áreas da como resultado la red de dispersión. Las NAPs deberán ser nombradas acorde a la normativa de dibujo de la CNT E.P, alfabéticamente numeradas hasta el número 4; es decir, de la siguiente manera: A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1... hasta la serie que sea

necesaria. Esta numeración se realiza tomando en cuenta la distancia desde el armario a la NAP, es decir, desde la numeración de caja más lejana hacia el armario.

Se debe mencionar que el cableado correspondiente a esta red no se toma en cuenta al momento de implementar la red en general, sino que se instala de acuerdo al pedido del abonado al momento de contratar los servicios. Debido a esto, tampoco es considerado al momento de calcular el costo total de la red.

Con estas consideraciones, al final del diseño, el número total de cajas de distribución óptica en el sector de estudio es de 328 cajas, es decir, 328 áreas de dispersión en la red. Los resultados finales del diseño de esta red se encuentran detallados en el plano correspondiente en el Anexo 2. Un ejemplo de una zona de dispersión es el que se muestra en la Figura 3.4.



**Figura 3. 4.** Zona de dispersión  
**Fuente:** [Elaboración propia]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

### **3.2.2. Diseño de la red de distribución**

La red de distribución es aquella que tiene su origen en los armarios de distribución óptica hasta cada una de las cajas de distribución óptica. Para el diseño de la misma, es necesario contar con la información de la canalización, postería existente y la localización para empezar la distribución. El cable de distribución utilizado es el G.652D de tipo aéreo o canalizado de baja capacidad; contará con 6, 12, 48, 72 y 96 hilos para alimentar cada caja de dispersión dependiendo de los requerimientos de la misma.

Para el diseño final se tomaron en cuenta 6 distritos divididos en 3 distritos de 53 áreas de dispersión, 2 distritos de 54 áreas de dispersión y 1 distrito conformado por 60 áreas de dispersión. Además, para esta red se debe tener en cuenta que la distancia máxima entre postes debe ser de 100 metros, caso contrario, se deberá proyectar un poste nuevo. Aunque se recomienda que no se utilicen dos cajas en un mismo poste, hay sectores señalados en el diseño de la red en los que se ha hecho uso de esa opción debido a que la distribución de los postes no es lo más óptima en ciertos sectores, es decir que se cuentan con pocos postes o la ubicación de éstos no es la correcta para la colocación de una caja. De ser necesario, se aplicará el uso de empalmes aéreos para los casos en los que se deba dividir el trayecto de la fibra óptica para alimentar otras rutas.

Los planos finales de la red de distribución se encuentran en el Anexo 3.

### **3.2.3. Diseño de la red troncal *feeder***

La red troncal *feeder* está conformada por la conexión entre la OLT y los armarios de distribución FDH y, por lo general, cuenta con un tendido de cable canalizado. Para trazar las rutas de la red se debe identificar la infraestructura existente del sector en lo que corresponde a la canalización y a los equipos ópticos. Ya que todo el diseño de la presente red es proyectado, se tomará en cuenta la ubicación de la mini OLT en la parte céntrica de todo el sector de trabajo, es decir, en el parque de la ciudadela Yahuarquina.

La red troncal *feeder* cuenta con cables de fibra de alta capacidad. Ésta está dada por 144 o 288 hilos estandarizados bajo el UIT-T G.652D. A su vez, cada armario deberá contar con fusiones de cable de fibra óptica de baja capacidad de 12 hilos, de igual manera, estandarizados por la norma UIT-T G.52D y, para las derivaciones, se recomienda utilizar cable de fibra óptica de baja capacidad que puede ser de 12, 48, 72 y 96 hilos, estandarizado por la norma UIT-T G.652D.

En caso de no contar con canalización existente, se deberá proyectar la canalización necesaria para el cableado de la red troncal *feeder*.

Toda la planimetría de la red troncal *feeder* se encuentra detallada en el Anexo 4.

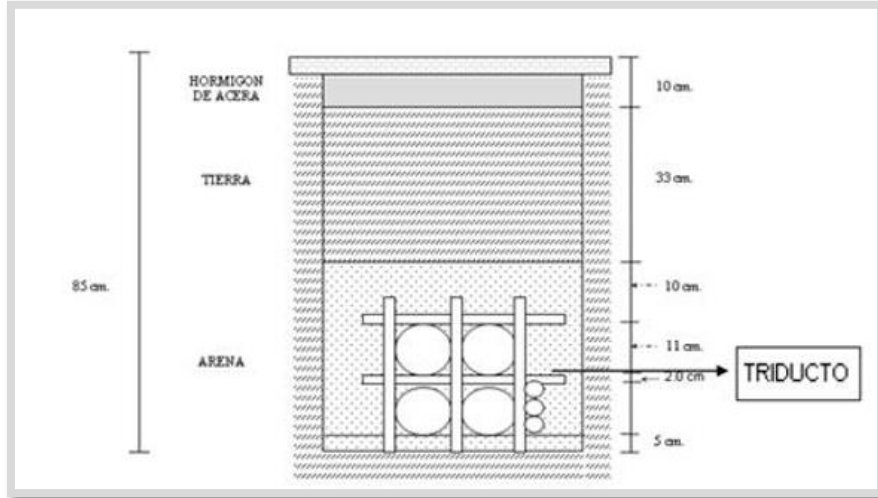


**Figura 3. 5.** Red Feeder  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

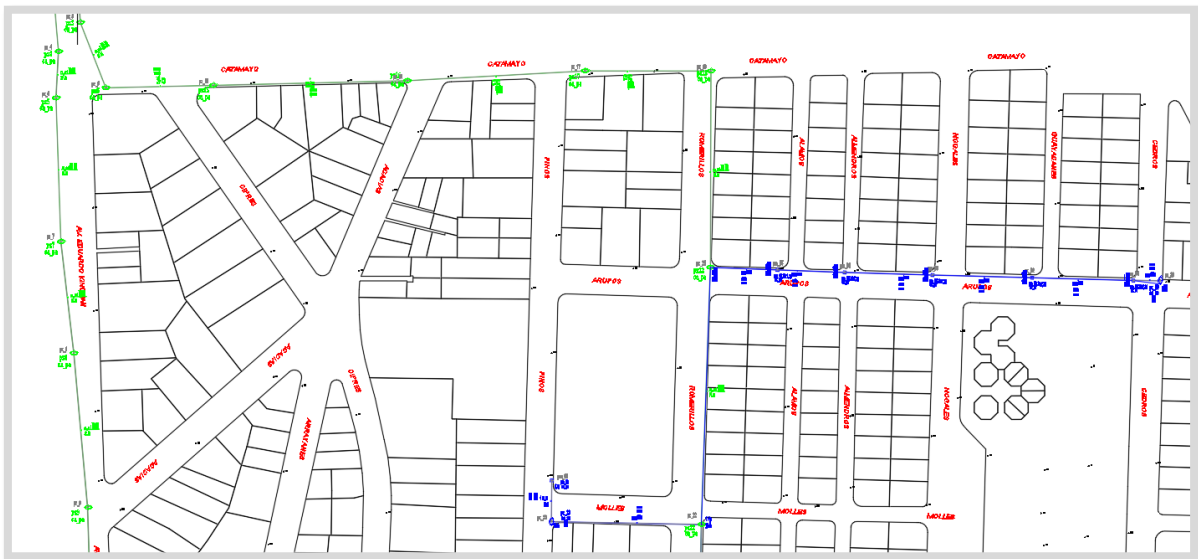
### 3.2.4. Diseño de canalización

Dentro de la información pertinente a la obra civil del sector tenemos la canalización o infraestructura civil del sector. El hecho de que esta infraestructura se encuentre de manera subterránea permitirá alojar y proveer de protección a los diferentes elementos que forman la parte de red de telecomunicación de la red.

La infraestructura civil requerida para la realización del presente proyecto está formada por el conjunto de ductos en el sector y sus respectivos pozos de revisión. Estos pozos alojan y protegen al cableado de red primaria, secundaria y de fibra óptica.



**Figura 3. 6.** Diseño de canalización  
**Fuente:** [24]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]



**Figura 3. 7.** Red de canalización  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** [Elaboración propia]

Para el diseño de canalización de la red, se hizo un levantamiento de información de la canalización en los sectores de estudio y, en caso de no existir la canalización necesaria para cubrir todos los sectores, se proyecta la canalización por el tramo o tramos de vía necesarios para cubrir los requerimientos de diseño. Se toma en cuenta que cada tramo que se proyecta será de tramos de máximo 70 metros de canalización de 4 vías más triducto con pozos de revisión de 48 bloques en vías principales y tramos de máximo 70 metros de canalización de 2 vías más triductos con pozos de revisión de 48 bloques en calles

secundarias. En las Figuras 3.6 y 3.7 se muestra el diseño de canalización mencionado y la red de canalización final (existente y proyectada). Los planos finales de canalización se encuentran en el Anexo 5.

### 3.2.5. Esquema general de la ODN

El diagrama general de la red contiene los diferentes elementos de cada una de las redes proyectadas y sus conexiones lógicas. Además, muestra de manera sencilla la ubicación de las cajas y armarios ópticos, empalmes y la diferente distribución que se tiene de los *splitters* dentro de los armarios. Este tipo de esquemas se debe realizar para cada distrito y red *feeder* y debe incluir cajas de distribución ópticas proyectadas en el caso de que existan.

Los planos esquemáticos de red tanto como de distribución y *feeder* se encuentran en el Anexo 3 y 4, respectivamente.

### 3.3. Balance óptico de la red

El balance óptico de la red permite conocer si los equipos activos de la red serán capaces de soportar la potencia necesaria de señal que será propagada en el sistema, esto permitirá evitar daños en los equipos, sobrecargas de potencia o para asegurarse de que los equipos sean capaces de recibir la señal entrante.

Para realizar este análisis óptico de red se utiliza la siguiente ecuación [24]:

$$P_r = P_{Tx} - \alpha_{Total}$$

Donde:

$P_r$  representa la potencia recibida

$P_{Tx}$  representa la potencia máxima del transmisor óptico y

$\alpha_{Total}$  representa la atenuación total.

Se deberá considerar la norma G.984.2, la cual sugiere que los equipos deberán obedecer ante los umbrales mínimos y máximos de potencia óptica en sus conexiones entre OLT y ONT. Para cada uno de estos equipos, se presentan en la tabla 3.7, los umbrales antes mencionados.

**Tabla 3. 7.** Umbrales mínimos y máximos de potencia óptica

| <b>Descripción/Equipo</b>           | <b>OLT</b> | <b>ONT</b> |
|-------------------------------------|------------|------------|
| <b>Potencia mínima de emisión</b>   | 1.5dbm     | 0.5dbm     |
| <b>Potencia máxima de emisión</b>   | 5dbm       | 5dbm       |
| <b>Potencia mínima de recepción</b> | -28dbm     | -27dbm     |
| <b>Potencia máxima de recepción</b> | -8dbm      | -8dbm      |

**Fuente:** [24]

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Además, tomando en cuenta que la red de distribución generará también atenuación, se deberá tomar en cuenta las pérdidas que cada uno de los elementos generará dentro de la red. Se debe tomar en cuenta, como veremos a continuación que, los splitters son los elementos dentro de la red que más pérdidas generan; dentro de las recomendaciones de la CNT E.P., se recomienda siempre una tasa de división óptica de máximo 1:8. A continuación, en la tabla 3.8, se muestran los valores de atenuación típica de los elementos de la red de distribución.

**Tabla 3. 8.** Atenuación típica en red de distribución

| <b>Elemento</b>                          | <b>Atenuación típica</b> |
|--|--------------------------|
| <b>Conector</b>                          | 0.5 dB                   |
| <b>Empalme por fusión</b>                | 0.1 dB                   |
| <b>Armario óptico</b>                    | 10.5 dB                  |
| <b>Fibra óptica (en ventana de 1310)</b> | 0.35 dB/Km               |

Fuente: [24]

Elaboración: [Elaboración propia]

Para realizar el cálculo de pérdidas o balance óptico se lo debe hacer en base a la conexión entre la OLT y la ONT más lejana (usuario más lejano), la conexión entre la OLT y la ONT más cercana (usuario más cercano), el número de elementos que puedan generar pérdidas dentro de la red (conectores, fusiones y longitud de fibra usada).

Una vez ubicado en el plano de la red el usuario más cercano y lejano, el número de conectores a ser utilizados en la red, las fusiones realizadas, *splitters* utilizados y la longitud de fibra desplegada en la red, se procede a calcular teniendo en cuenta que el usuario más lejano será el ubicado en el armario del distrito número 1 en la caja A1; se toma en cuenta el número total de conectores, 7 en este caso, 5 fusiones, un armario compuesto por 1 *splitter* 1:64 y una longitud de fibra óptica de 1121 metros. Según la normativa de la CNT E.P., se debe considerar 300 metros extra sumados a la distancia total; esto garantizará un funcionamiento apropiado y óptimo de la red en cualquier escenario.

En la Tabla 3.9 y 3.10, se puede observar el cálculo de atenuación para el usuario más lejano y más cercano.



**Tabla 3. 9.** Atenuación en la caja (usuario) más lejana

| Elementos de Red                |        | A4       |        |                           |                    |
|---------------------------------|--------|----------|--------|---------------------------|--------------------|
|                                 |        | Cantidad | Unidad | Pérdida por elemento (dB) | Pérdida Total (dB) |
| <b>Conector</b>                 |        | 7        | U      | 0,50                      | 3,50               |
| <b>Fusión</b>                   |        | 5        | U      | 0,10                      | 0,50               |
| <b>Splitters</b>                | 1:2    |          |        | 3,50                      | 0,00               |
|                                 | 1:4    |          |        | 7,00                      | 0,00               |
|                                 | 1:8    |          |        | 10,50                     | 0,00               |
|                                 | 1:16   |          |        | 14,00                     | 0,00               |
|                                 | 1:32   |          |        | 17,50                     | 0,00               |
|                                 | 1:64   | 1        |        | 21,00                     | 21,00              |
|                                 | 2:4    |          |        | 7,90                      | 0,00               |
|                                 | 2:8    |          |        | 11,50                     | 0,00               |
|                                 | 2:16   |          |        | 14,80                     | 0,00               |
|                                 | 2:32   |          |        | 18,50                     | 0,00               |
|                                 | 2:64   |          |        | 21,30                     | 0,00               |
| <b>Longitud de Fibra Óptica</b> | 1310nm | 1.121    | Km     | 0,35                      | 0,34               |
|                                 | 1490nm |          |        | 0,30                      | 0,00               |
|                                 | 1550nm |          |        | 0,25                      | 0,00               |
| <b>Total (dB)</b>               |        |          |        |                           | 25,35              |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

De la misma manera, para el usuario más cercano se tomarán los mismos parámetros para el cálculo; el usuario más cercano será el ubicado en el armario del distrito número 4 en la caja Q2; se toma en cuenta el número total de conectores, 6 en este caso, 0 fusiones,

armario compuesto por un *splitter* 1 y una longitud de fibra óptica de 291 metros. De igual manera al usuario más lejano, la normativa de la CNT E.P, sugiere considerar 300 metros extra sumados a la distancia total debido a las razones anteriormente explicadas.

**Tabla 3. 10.** Atenuación en la caja (usuario) más cercana

| Elementos de Red                |        | A4       |        |                           |                    |
|---------------------------------|--------|----------|--------|---------------------------|--------------------|
|                                 |        | Cantidad | Unidad | Pérdida por elemento (dB) | Pérdida Total (dB) |
| <b>Conector</b>                 |        | 6        | U      | 0,50                      | 3,00               |
| <b>Fusión</b>                   |        | 0        | U      | 0,10                      | 0,00               |
| <b>Splitters</b>                | 1:2    |          |        | 3,50                      | 0,00               |
|                                 | 1:4    |          |        | 7,00                      | 0,00               |
|                                 | 1:8    |          |        | 10,50                     | 0,00               |
|                                 | 1:16   |          |        | 14,00                     | 0,00               |
|                                 | 1:32   |          |        | 17,50                     | 0,00               |
|                                 | 1:64   | 1        |        | 21,00                     | 21,00              |
|                                 | 2:4    |          |        | 7,90                      | 0,00               |
|                                 | 2:8    |          |        | 11,50                     | 0,00               |
|                                 | 2:16   |          |        | 14,80                     | 0,00               |
|                                 | 2:32   |          |        | 18,50                     | 0,00               |
|                                 | 2:64   |          |        | 21,30                     | 0,00               |
| <b>Longitud de Fibra Óptica</b> | 1310nm | 0,291    | Km     | 0,35                      | 0,10               |
|                                 | 1490nm |          |        | 0,30                      | 0,00               |
|                                 | 1550nm |          |        | 0,25                      | 0,00               |
| <b>Total (dB)</b>               |        |          |        |                           | 24,10              |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

A partir de los valores de atenuación obtenidos en la tabla 3.10 y 3.11 y de los umbrales de potencia máxima de emisión de la OLT (Tabla 3.7), se calcula el balance óptico para ambos casos (usuario más lejano y cercano) teniendo en cuenta que este valor deberá encontrarse dentro del límite del rango de sensibilidad del equipo receptor; este valor se encuentra entre -8dBm hasta -27dBm y deberá cumplir los 3dBm, que es un margen de resguardo requerido por la normativa de la CNT E.P y es calculado a través de las siguientes fórmulas [16]:

Para el usuario más lejano:

$$P_r = P_{Tx} - \alpha_{Total}$$

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 25.35$$

$$P_r = -20.35 \text{ dBm}$$

Para el usuario más cercano:

$$P_r = P_{Tx} - \alpha_{Total}$$

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 24.10$$

$$P_r = -19.10 \text{ dBm}$$

Cada uno de los resultados obtenidos efectivamente se encuentran dentro del rango permitido, por lo que, el diseño final de la red dentro de la viabilidad técnica es óptimo para llevarse a una etapa de implementación; esta conclusión deberá analizarse junto con los resultados obtenidos en el análisis de viabilidad financiero que será expuesto en el Capítulo 4.

**CAPÍTULO 4**  
**ANÁLISIS FINANCIERO**

#### **4.1. Introducción**

Para determinar la rentabilidad de un proyecto, es decir, si el proyecto generará más ingresos que egresos y representará un beneficio para la empresa, es necesario realizar un análisis financiero. Para esto, es fundamental determinar los costos de inversión inmersos en la implementación de la red GPON; dentro de estos costos se encuentran los rubros de los materiales utilizados y la mano de obra dentro de las redes: de dispersión, distribución, canalización, red troncal feeder y en la mini OLT. Adicional a esto, se deben definir los costos actuales de los planes comerciales de la empresa CNT E.P., los mismos que detallan cada uno de los precios a pagar por los usuarios por los servicios de telefonía fija, internet y televisión digital hoy en día; estos planes, además de venderse en planes individuales, se ofrecen también a los usuarios en doble pack (combinación de dos servicios) y triple pack (tres servicios combinados). Establecidos los costos actuales de planes comerciales de la empresa, se calculan los ingresos generados por ventas, así como los generados por la instalación de los equipos para cada usuario que adquiera los servicios ofertados; estos valores se basan en los costos de los planes comerciales anteriormente definidos, ya sean individuales, doble pack o triple pack. En lo concerniente a los egresos, se tomará en cuenta costos de operación futuros como la instalación, mantenimiento y atención a fallas. Ya con los ingresos y egresos y, sumado al costo de inversión de la red GPON, se procede a realizar un flujo de fondos, el cual servirá de base para el cálculo de rentabilidad del proyecto; esto a partir de dos indicadores que son el VAN o valor neto actual y el TIR o tasa interna de retorno. Estos indicadores permiten determinar y analizar la viabilidad del proyecto realizado.

#### **4.2. Costo total de inversión**

Para determinar el costo total de la inversión, se deben tomar en cuenta los costos de las redes de dispersión, distribución, red feeder, OLT y obra civil (canalización). Estos valores se los puede obtener a través de una planilla de precios de volumen de obra otorgada por la CNT E.P., en la cual se detallan tanto costos de mano de obra como de materiales para la implementación de cada una de las redes detalladas anteriormente. Cabe recalcar que, cada una de estas redes contiene rubros diferentes por lo que se los detallará a continuación:

- **Red de dispersión**

Se deberá tomar en cuenta el suministro de equipos ONT's, rosetas ópticas y el tendido de cable de fibra óptica a través de la caja de distribución óptica hasta el hogar del usuario.

- **Red de distribución y Feeder**

En esta red se considera cada uno de los herrajes de suspensión y retención utilizados en el diseño de la misma, las subidas a postes necesarias, cajas de distribución óptica, empalmes, *splitters*, cruces americanos para el paso del cable de fibra y el tendido de cable de fibra óptica utilizado en esta red.

- **Canalización**

Se toma en cuenta el valor de materiales para los pozos de mano utilizados, pozos de 12, 48 y 80 bloques, tapones, manguera corrugada y el costo por rotura y reposición de la acera o calzada.

La planilla de precios de volumen de obra otorgada por la CNT E.P. se la presenta en el Anexo 7.

**Tabla 4. 1.** Costo total de inversión

| <b>Costo Total de Inversión</b> |               |
|---------------------------------|---------------|
| <b>Red de Distribución</b>      | \$ 210 929,93 |
| <b>Canalización</b>             | \$ 117 127,47 |
| <b>Red Feeder</b>               | \$ 16 576,86  |
| <b>Costo Total</b>              | \$ 344 634,26 |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### **4.3. Determinación de ingresos**

Para tener una referencia de los costos de los servicios que cobrará la empresa CNT E.P, ya que no existe hoy en día planes con tecnología GPON – FTTH, se toma como referencia los precios de planes comerciales actuales (2018).

### 4.3.1. Planes comerciales CNT E.P.

#### 4.3.1.1. Telefonía fija

A la base mensual a pagar se le adiciona el consumo en minutos realizado por el abonado y, el costo de instalación son los valores a pagar por este servicio. En la Tabla 4.2, se muestran a detalle cada uno de estos valores.

**Tabla 4. 2.** Costos por servicio de telefonía

| <b>Telefonía Fija</b>     |                          |                             |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Producto</b>           | <b>Precio (\$) + IVA</b> | <b>Costo de instalación</b> |
| <b>Residencial básico</b> | \$ 6,95                  | \$ 60,00                    |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### 4.3.1.2. Internet

Los precios para los planes comerciales que oferta la CNT E.P pueden variar acorde a las velocidades de transmisión de los planes ofertados. Estos costos también son adicionales a un costo de instalación y son detallados en la Tabla 4.3.

**Tabla 4. 3.** Costos por servicio de internet

| <b>Internet</b>        |                          |                             |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Producto</b>        | <b>Precio (\$) + IVA</b> | <b>Costo de instalación</b> |
| <b>Internet 5Mbps</b>  | \$ 23,41                 | \$ 60,00                    |
| <b>Internet 10Mbps</b> | \$ 27,89                 | \$ 60,00                    |
| <b>Internet 15Mbps</b> | \$ 33,49                 | \$ 60,00                    |
| <b>Internet 25Mbps</b> | \$ 40,32                 | \$ 60,00                    |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### 4.3.1.3. Televisión digital

Al igual que el servicio de internet, el precio de este servicio varía acorde al plan seleccionado por el usuario; estos planes se encuentran diferenciados por el número de canales dentro de su programación. Como los servicios anteriormente presentados, también se incluye un costo de instalación y son presentados en la Tabla 4.4.

**Tabla 4. 4.** Costos por servicio de televisión digital

| <b>Televisión Digital</b>      |                          |                             |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Plan</b>                    | <b>Precio (\$) + IVA</b> | <b>Costo de instalación</b> |
| <b>Plan Servidor Público 1</b> | \$ 23,65                 | \$ 20,00                    |
| <b>Plan Servidor Público 2</b> | \$ 33,65                 | \$ 20,00                    |
| <b>Plan Zapper</b>             | \$ 23,50                 | \$ 20,00                    |
| <b>Plan Plus HD</b>            | \$ 33,65                 | \$ 20,00                    |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

#### **4.3.1.4. Doble pack y triple pack**

Con los tres servicios anteriormente presentados se pueden realizar combinaciones de paquetes a elegir por el usuario. Al elegir cierta combinación la CNT E.P. ofrece descuentos del 10% al contratar un servicio doble pack o el 15% de descuento al contratar un servicio triple pack. Incluida su instalación, se presentan en la Tabla 4.5 el detalle de dichos planes.

**Tabla 4. 5.** Costos por servicio de paquetes doble pack y triple pack

| <b>Paquetes Doble y Triple Pack</b>                   |                          |                             |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Paquete</b>  | <b>Precio (\$) + IVA</b> | <b>Costo de instalación</b> |
| <b>Doble (Telefonía e Internet)</b>                   | \$ 27,10                 | \$ 40,00                    |
| <b>Doble (Telefonía y Televisión)</b>                 | \$ 21,20                 | \$ 40,00                    |
| <b>Doble (Televisión e Internet)</b>                  | \$ 35,90                 | \$ 40,00                    |
| <b>Triple (Telefonía fija, internet y televisión)</b> | \$ 42,10                 | \$ 60,00                    |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Con referencia a estos datos y precios, se pueden calcular los ingresos que podrían generar a futuro los usuarios existentes y proyectados en el sector de estudio del presente proyecto; estos ingresos se pueden tomar en cuenta dependiendo de los servicios o paquetes contratados o a contratar por la demanda del sector. En las Tablas 4.6 y 4.7, se detallan los ingresos calculados para los usuarios existentes y proyectados.



**Tabla 4. 6.** Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios actuales

| <b>Ingresos Por Servicios Contratados</b> |                            |                    |               |
|---|----------------------------|--------------------|---------------|
| <b>Tipo de Servicio</b>                   | <b>Usuarios Existentes</b> | <b>Costo + IVA</b> | <b>Total</b>  |
| <b>Telefonía Fija</b>                     | 716                        | \$ 6,95            | \$ 4 976,20   |
| <b>Internet</b>                           | 0                          | \$ 23,41           | \$ 0.00       |
| <b>Televisión</b>                         | 0                          | \$ 23,50           | \$ 0.00       |
| <b>Telefonía e Internet</b>               | 586                        | \$ 27,10           | \$ 15 880,00  |
| <b>Telefonía y Televisión</b>             | 73                         | \$ 21,20           | \$ 1 547,00   |
| <b>Internet y Televisión</b>              | 0                          | \$ 35,90           | \$ 0,00       |
| <b>Triple Pack</b>                        | 204                        | \$ 42,10           | \$ 8 588,40   |
| <b>Ingresos Mensuales (USD)</b>           |                            |                    | \$ 30 991,60  |
| <b>Ingresos Anuales (USD)</b>             |                            |                    | \$ 371 899,20 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

**Tabla 4. 7.** Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios proyectados

| <b>Ingresos Por Servicios Contratados</b> |                             |                    |               |
|---|-----------------------------|--------------------|---------------|
| <b>Tipo de Servicio</b>                   | <b>Usuarios Proyectados</b> | <b>Costo + IVA</b> | <b>Total</b>  |
| <b>Telefonía Fija</b>                     | 105                         | \$ 6,95            | \$ 729,75     |
| <b>Internet</b>                           | 191                         | \$ 23,41           | \$ 4 471,31   |
| <b>Televisión</b>                         | 121                         | \$ 23,50           | \$ 2 843,50   |
| <b>Telefonía e Internet</b>               | 187                         | \$ 27,10           | \$ 5 067,70   |
| <b>Telefonía y Televisión</b>             | 98                          | \$ 21,20           | \$ 2 077,60   |
| <b>Internet y Televisión</b>              | 175                         | \$ 35,90           | \$ 6 282,50   |
| <b>Triple Pack</b>                        | 69                          | \$ 42,10           | \$ 2 904,90   |
| <b>Ingresos Mensuales (USD)</b>           |                             |                    | \$ 24 377,26  |
| <b>Ingresos Anuales (USD)</b>             |                             |                    | \$ 292 527,12 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

Teniendo como referencia estos valores, se puede obtener una referencia de los ingresos que generará la red diseñada al sumar los ingresos obtenidos por los usuarios existentes y los usuarios proyectados en lo que corresponde a servicios individuales como la combinación de estos en doble y triple pack. Estos valores se presentan en la Tabla 4.8.

**Tabla 4. 8.** Ingresos mensuales/anuales por servicio de usuarios actuales y proyectados

| <b>Ingresos Por Servicios Contratados</b> |                         |                    |               |
|---|-------------------------|--------------------|---------------|
| <b>Tipo de Servicio</b>                   | <b>Usuarios Totales</b> | <b>Costo + IVA</b> | <b>Total</b>  |
| <b>Telefonía Fija</b>                     | 821                     | \$ 6,95            | \$ 5 705,95   |
| <b>Internet</b>                           | 191                     | \$ 23,41           | \$ 4 471,31   |
| <b>Televisión</b>                         | 121                     | \$ 23,50           | \$ 2 843,50   |
| <b>Telefonía e Internet</b>               | 883                     | \$ 27,10           | \$ 23 929,30  |
| <b>Telefonía y Televisión</b>             | 171                     | \$ 21,20           | \$ 3 625,20   |
| <b>Internet y Televisión</b>              | 241                     | \$ 35,90           | \$ 8 651,90   |
| <b>Triple Pack</b>                        | 302                     | \$ 42,10           | \$ 12 714,20  |
| <b>Ingresos Mensuales (USD)</b>           |                         |                    | \$ 61 941,36  |
| <b>Ingresos Anuales (USD)</b>             |                         |                    | \$ 743 296,32 |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### 4.3.2. Determinación de egresos

Dentro de la determinación de egresos se toman en cuenta los costos que serán necesarios para poner en marcha el proyecto, así como el mantenimiento del mismo. Entre estos costos se encuentran considerados aquellos generados por la instalación de la mini OLT en el sector, conceptos de mantenimiento o atención fallas en cualquiera de los tres servicios, las cuales se presentan en un 4% al año del total de usuarios; el mantenimiento de la OLT y de la red en general con un 2% del total de los usuarios, mantenimiento de líneas en un 4% y, además, se deben contemplar gastos administrativos de mercadeo, entre otros. Esta lista de costos está detallada en las Tablas 4.9 y 4.10.

**Tabla 4. 9.** Costos por mantenimiento

| <b>Gastos</b>                                  | <b>Costo por Línea al Año (USD)</b> |
|--|-------------------------------------|
| <b>Instalación</b>                             | \$ 2,40                             |
| <b>Atención a fallas en telefonía fija</b>     | \$ 9,23                             |
| <b>Atención a fallas en internet</b>           | \$ 6,00                             |
| <b>Atención a fallas en televisión digital</b> | \$ 6,00                             |
| <b>Mantenimiento de líneas</b>                 | \$ 1,35                             |
| <b>Administrativos (Mercadeo)</b>              | \$ 1,50                             |
| <b>Otros</b>                                   | \$ 9,95                             |

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** [Elaboración propia]

**Tabla 4. 10.** Egresos por mantenimiento

| ITEM | Definición de rubros                     | Porcentaje | Año 1         | Año 2        | Año 3        | Año 4        | Año 5        |
|------|--|------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1    | ONT's instaladas                         | 100%       | 1991          | 0            | 0            | 0            | 0            |
| 2    | Fallas                                   | 4%         | \$ 79,64      | \$ 79,64     | \$ 79,64     | \$ 79,64     | \$ 79,64     |
| 3    | Mantenimiento                            | 2%         | \$ 39,82      | \$ 39,82     | \$ 39,82     | \$ 39,82     | \$ 39,82     |
| 4    | Mantenimiento de redes (Línea Instalada) | 4%         | \$ 39,82      | \$ 39,82     | \$ 39,82     | \$ 39,82     | \$ 39,82     |
| 5    | Gastos de Explotación                    | 100%       | \$ 101 701,08 | \$ 15 689,88 | \$ 15 689,88 | \$ 15 689,88 | \$ 15 689,88 |
| 6    | Gastos de Administración                 | 100%       | \$ 34 189,45  | \$ 0         | \$ 0         | \$ 0         | \$ 0         |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### 4.4. Flujo de caja

Tomando en cuenta 5 años y cada uno de los valores obtenido de egresos, ingresos e inversión inicial, se puede calcular el flujo de caja obtenido por el costo de implementación de red. El flujo de caja se presenta en la Tabla 4.11, en donde no se considera como egreso el 15% de los ingresos generados por la empresa debido a que la misma es una empresa pública y no está obligada a pagar utilidades a sus trabajadores.

**Tabla 4. 11.** Flujo de caja

| Periodo | Flujo de caja (\$) | Valor Actual (\$) | Flujo de Caja Acumulado |
|---------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| $Q_0$   | -\$ 344 634,2      | -\$ 344 634,2     | -\$ 344 634,26          |
| $Q_1$   | \$ 217 695,88      | \$ 202 037,94     | -\$ 142 596,32          |
| $Q_2$   | \$ 289 370,11      | \$ 249 240,79     | \$ 106 644,47           |
| $Q_3$   | \$ 289 370,11      | \$ 231 313,95     | \$ 337 958,42           |
| $Q_4$   | \$ 289 370,11      | \$ 214 676,52     | \$ 552 634,95           |
| $Q_5$   | \$ 289 370,11      | \$ 199 235,75     | \$ 751 870,70           |

Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

#### 4.5. Cálculo de fondos activos netos

El resultado de este cálculo permitirá determinar la rentabilidad del proyecto realizado, para esto se deben tomar en cuenta dos indicadores de rentabilidad conocidos como VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

##### 4.5.1. Valor actual neto (VAN)

El Valor actual neto o VAN, es un indicador de rentabilidad que permitirá conocer el valor real de un cierto número de flujos de caja determinados en un tiempo futuro generados por una inversión. El VAN será calculado a partir de los *cash flows* o flujos de caja del proyecto y para ellos se utiliza la siguiente fórmula [28]:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} - I_0$$

En donde,

$BN$  = Fondos activos netos

$i$  = tasa de interés de descuento

$n$  = período correspondiente al flujo de fondos

$I_0$  = inversión inicial

Para el factor que representa a la tasa de interés de descuento se debe tomar la tasa de interés pasiva referencial para inversiones en instituciones del sector público, la cual está actualizada con fecha de diciembre del 2017 en el 7,75%.

#### 4.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Otro indicador de rentabilidad es la tasa interna de retorno o TIR, este se define como un indicador que evalúa un proyecto en base a la tasa de rendimiento generada por periodo, es decir, la tasa de interés con el cual el VAN es igual a cero. El TIR es representado como un porcentaje, en cuanto este valor sea mayor, mayor será la rentabilidad del proyecto. Este indicador es calculado de la siguiente manera [28]:

$$TIR = -I + \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} = 0$$

En donde,

*BN = representa los flujos de caja.*

*I = representa la inversión inicial*

*n = representa el número de períodos considerados*

*i = interés*

#### 4.6. Resultados

En la tabla 4.12 se muestran los valores obtenidos del VAN y TIR. Como se puede observar ambos valores satisfacen las necesidades y representan valores de un proyecto viable económicamente.

**Tabla 4. 12.** Resultados de indicadores financieros

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Tasa de interés referencial</b>            | 7,75 %        |
| <b>Valor actual neto obtenido (VAN)</b>       | \$ 751 870,70 |
| <b>Tasa interna de retorno obtenida (TIR)</b> | 58,91 %       |

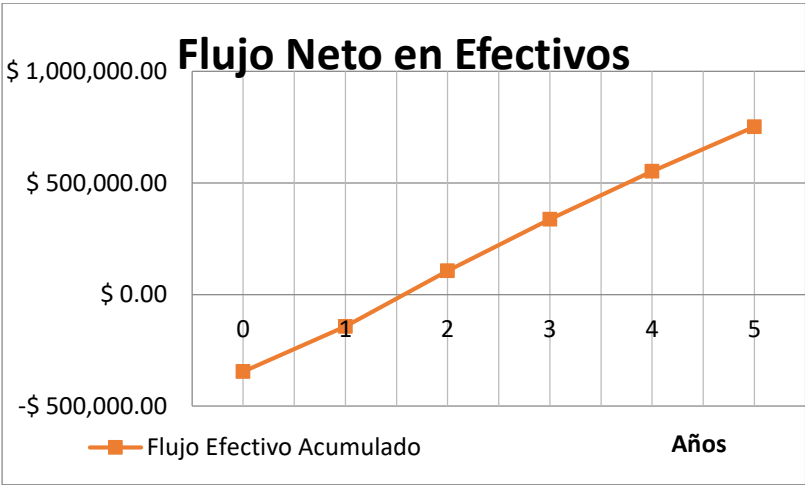
Fuente: Elaboración propia

Elaboración: [Elaboración propia]

Para analizar la viabilidad del proyecto y considerando los valores obtenidos de los indicadores de VAN y TIR se debe realizar una comparación entre la rentabilidad sin la

inversión de la ODN y la rentabilidad una vez que la inversión de la ODN se haya dado. Para que el VAN represente un valor rentable debe ser positivo y como se observa en la Tabla 4.12 al obtener un valor positivo de \$ 715 366,84, se considera una inversión viable además de ser mayor al costo de la inversión por el proyecto.

El TIR se considera como rentable si este valor supera la tasa de interés (7,75 % en este caso) y al obtener un valor de 58,91 % se considera como viable la inversión. Como se puede apreciar en la Figura 4.1, el tiempo de recuperación de la inversión está fijado alrededor del primer año y medio de haber puesto en marcha el proyecto. Para que un proyecto se considere rentable debe presentar un periodo de recuperación dentro de los primeros cinco años por lo que todos los factores indican que no se tendrá ningún inconveniente financiero al poner en desarrollo la red diseñada.



**Figura 4. 1.** Tiempo de retorno de inversión  
**Fuente:** [Elaboración propia]  
**Elaboración:** [Elaboración propia]



## CONCLUSIONES

El diseño de red GPON permitirá que los servicios de telecomunicaciones utilizados en los sectores de estudio puedan converger a través de un mismo medio. Esto dará como resultado velocidades de hasta 2.4 Gbits en downlink y 1.2 Gbits en uplink.

Gracias al estudio de demanda realizado se pudo conocer con exactitud qué proveedores de servicios de telecomunicación son los que dominan en los sectores de estudio y cuál es el servicio actual más utilizado; para el presente estudio son: CNT.E.P. en telefonía fija e internet y la empresa TvCable en lo que concierne a televisión digital. Estos datos, además, sirven como respaldo de información adicional en los atributos de ciertos elementos dentro del diseño de la red GPON.

Una vez finalizado el censo a cada uno de los prediales del sector de estudio, se obtuvo un total de 1779 encuestas aplicadas a 1579 predios, de las cuales 200 no se consideraron en el diseño debido a que representan lotes baldíos, quedando un total de 1647 encuestas válidas para el análisis de resultados.

El estudio de demanda también permitió conocer datos relevantes como el número total de abonados que utilizan el servicio de telefonía fija en el sector (1305), internet (982) y televisión digital (698). El número de usuarios que utilizan estos servicios y que cuentan con mayor demanda proyectada son los del servicio de internet (291), televisión digital (221) y telefonía fija (105). Con todos estos datos se obtuvo un total de 1852 usuarios actuales para los cuales, junto con la demanda proyectada, se diseñó la red GPON.

La red diseñada está conformada por 6 distritos divididos en: 3 distritos de 53 áreas de dispersión, 2 distritos de 54 áreas de dispersión y 1 distrito conformado por 60 áreas de dispersión. Esto nos da un total de 328 cajas de dispersión óptica, es decir, 328 áreas de dispersión en la red diseñada y 6 armarios de distribución FDH (un armario por cada distrito). Cada una de estas cajas están diseñadas para servir a 6 abonados con 2 abonados estimados como reserva.

Para el diseño de la red se tomó en cuenta y se siguió estrictamente cada una de las recomendaciones de diseño y de dibujo dadas en las normativas de CNT.E.P., además de la asesoría técnica brindada por el personal de la empresa. Cada uno de los parámetros cumplidos y entregados en la CNT.E.P. se muestran en el anexo 6.

La canalización a utilizar será la existente en el sector para el distrito 1 y para los 5 distritos restantes será a través de canalización proyectada. En los distritos 2, 3, 4, 5 y 6, se proyectaron pozos de 80 bloques para la canalización utilizada en los armarios y pozos de mano de 1,20 x 1,20 para el resto de tramos de canalización. Tanto la canalización existente como la proyectada servirán para el diseño de la red *feeder*.

La inversión necesaria para la implementación de este proyecto es de \$ 344 634,26, esto se calculó por medio de la planilla de precios referenciales de mano de obra y suministro de materiales brindada por la CNT.E.P. Esta inversión representa que el proyecto es totalmente viable gracias a los indicadores de rentabilidad calculados, los cuales indican un VAN con un valor positivo de \$ 715 366,84 y un TIR con un 58,91 % calculado con tasa de descuento de 7,75 %. Adicional a esto, se determina el tiempo de retorno de la inversión en aproximadamente 3 años de funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

Para un diseño óptimo de la red se recomienda contar con un plano catastral del sector actualizado; esto significará ahorrar tiempo haciendo un levantamiento de información de lotes. Este plano deberá estar georreferenciado para facilitar la medida de distancias necesarias entre elementos del diseño.

En lo referente al levantamiento de la demanda, será necesario realizar las encuestas en horarios en los que se cuente con presencia de los abonados, es decir, no en horarios de trabajo. De hacerlo en horarios de trabajo no se tendrá información realmente apegada a la realidad ya que se encontrarán viviendas sin abonados que puedan ser encuestados.

Antes de plasmar los datos obtenidos de demanda en el diseño de la red es necesario contar con un amplio conocimiento de las normativas vigentes de la CNT E.P., esto permitirá evitar errores al momento de diseñar y dibujar la red.

Para el diseño de las cajas ópticas es necesario revisar la disponibilidad de postes del sector y verificar que el poste en donde se ubique una caja no posea transformador montado sobre él.

Revisar si se cuenta con canalización existente en el sector; en caso de necesitar proyectar, evitar hacer tramos innecesarios o excesivamente largos. Se debe identificar correctamente el tipo de pozo a utilizar acorde al uso que se le dará al mismo.

En caso de contar con villas o edificios departamentales, revisar la infraestructura de los mismos y llegar a estos a través de derivaciones de fibra ya sea por medio de empalmes o fusiones en una caja cercana.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arévalo Abad, C. (2011). Análisis de Factibilidad de Implementación de una Red con Tecnología PON para la Ciudad de Biblián, Provincia de Cañar. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca
- [2] Geoportal SIGTIERRAS. "Ortofotografía 1:5000 en cuadrícula 1:50.000 IGM" [En línea]. Disponible en: <http://ide.sigtierras.gov.ec/geoportal/> [Consulta: 21-06-2017]
- [3] Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Física para la ciencia y la tecnología (Vol. 2). Reverté.
- [4] Jardón Aguilar, H., & Linares, R. (1995). Sistemas de comunicaciones por fibras ópticas. México DF, México: Alfaomega.
- [5] Aristizabal, V. H. (2007). Introducción a la Tecnología de Fibras Ópticas y Análisis numérico de la propagación de la luz en fibras micro-estructuradas. Tecno Lógicas, (19).
- [6] Boquera, M. C. E. (2005). Comunicaciones ópticas: Conceptos esenciales y resolución de ejercicios. Ediciones Díaz de Santos.
- [7] Suárez, N. R., Castellanos, R. D., Vargas, R., Mattos, L., & Torres, C. (2004). Estimación de pérdidas de potencia en enlaces con fibras ópticas. Revista Colombiana de Física, 36(2), 353-357.
- [8] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.652". Characteristics of a non-zero dispersionshifted single-mode optical fibre and cable. Noviembre del 2009.
- [9] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.653". Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable. Julio del 2010.
- [10] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.654". Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre cable. Octubre del 2010.
- [11] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.655". Characteristics of a non-zero dispersionshifted single-mode optical fibre and cable. Noviembre del 2009.
- [12] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.656". Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport. Diciembre del 2009.
- [13] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.657". Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network. Octubre del 2009.

- [14] García, A. G. (2007). Análisis de Atenuación, Dispersión y Automodulación de Fase en Sistemas de Comunicaciones de Único Canal por Fibra Óptica a 10 Gb/s. Centro de Investigaciones en Optica, AC, Guanajuato, México.
- [15] “Comunicaciones por fibra óptica”. [En línea]. Disponible en: [http://aprendeainstalar.infored.mx/726442\\_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html](http://aprendeainstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html) [Consulta: 07-10-2017]
- [16] ALBERTO, A. N. J., & JAVIER, E. A. H. (2014). Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-Noroccidente, CNT EP. Universidad Técnica Particular de Loja
- [17] Telnet. “Acopladores y Divisores Ópticos”. [En línea]. Disponible en: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/splitters-opticos/> [Consulta 29-08-2017]
- [18] Vergara Pardillo, A. (2011). Aplicación del análisis tecno-económico al despliegue de redes de acceso de próxima generación. El caso de la competencia entre plataformas, la regulación y las políticas públicas en España (Doctoral dissertation, Telecomunicacion).
- [19] Marchukov, Y. (2011). Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH (Doctoral dissertation).
- [20] Henao, J. S. G. (2010). Tecnologías de redes PON. Universidad de Manizales.
- [21] Castro Ramirez, N., & Ruiz León, J. A. (2016). Estudio de las Aplicaciones de las Redes pon.
- [22] Parrales Marcillo, A. K. (2015). Análisis De Migración De Una Red Adsl Que Utiliza Cableado De Cobre A Una Red Gpon Utilizando Fibra Óptica Para Brindar Servicios De Internet En Una Urbanización Privada (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones).
- [23] Barroso García, A. (2012). Diseño de una red de fibra óptica para la implementación de servicios de una banda ancha en una zona de viviendas en casco urbano.
- [24] D. Lapo Zhanay. (2015). Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente. Universidad Técnica Particular de Loja.

[25] Enrique, A., & César, P. (2014). Diseño de una Red GPON para la localidad de Vilcabamba. Universidad Técnica Particular de Loja.

[26] Ecuador, I. N. E. C. (2010). Proyecciones de población por Provincias, Cantones, Sexo y Grupo de edad.

[27] CNT EP. "Normativa de Diseño de la ODN". Versión 1.0, octubre 2017.

[28] Castillo F. Ing. "Plantilla para Proyectos evaluación Costo-beneficio". Proyectos de planta externa, Área Técnica CNT .E.P.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MODELO DE ENCUESTA

| Modelo de Encuesta Diseño de ODN sector Centro-Oriental                             |       |
|---|-------|
| <b>1. El abonado es de tipo:</b>  |       |
| - Residencial   | ( )   |
| - Comercial   | ( )   |
| - Residencial y Comercial   | ( )   |
| - Construcción  | ( )   |
| - Lote  | ( )   |
| - Garaje  | ( )   |
| - Taller  | ( )   |
| - Instituciones públicas y privadas   | ( )   |
| <b>2. ¿Qué tipo de servicios de telecomunicación actualmente tiene contratado?</b>  |       |
| - Telefonía Fija  | ( )   |
| - Internet  | ( )   |
| - Televisión Digital  | ( )   |
| <b>3. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de telefonía fija:</b>     |       |
|   | ..... |
| <b>4. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de internet:</b>           |       |
|   | ..... |
| <b>5. Especifique el nombre del proveedor de su servicio de televisión digital:</b> |       |
|   | ..... |



**6.** Si tiene servicios contratados con la CNT, especifique el nombre y número telefónico del abonado.

.....

**7.** ¿Desearía contar con alguno de los siguientes servicios?

- Telefonía Fija ( )
- Internet ( )
- Televisión Digital ( )
- Telefonía Fija e Internet ( )
- Telefonía Fija y TV Digital ( )
- Internet y TV Digital ( )
- Telefonía Fija, Internet y TV Digital ( )
- Ninguno ( )

## **ANEXO 2: PLANOS DE RED DISPERSIÓN**

## ANEXO 3: PLANOS DE RED FEEDER

## **ANEXO 4: PLANOS DE RED DE DISTRIBUCIÓN**

## **ANEXO 5: PLANOS DE RED DE CANALIZACIÓN**

## ANEXO 6: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT.E.P



Loja enero 23, 2018  
APLCNT-PTS-0042-2018

Ingeniero  
Marco Vinicio Morocho  
**COORDINADOR DE LA TITULACION**  
**UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA**  
Ciudad

**FUENTE: TRÁMITE CNT-177.1-2015-01821 – INFORME ING. FABIÁN CASTILLO ANALISTA DE PROYECTOS.**

De mi consideración:

Considerando que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se encuentra desarrollando el tendido de Redes de Comunicaciones hasta el domicilio del Cliente arquitectura FTTH con tecnología de Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gbits GPON y atendiendo a la solicitud 017-T-IET-UTPL del 5 de mayo del 2017 de la Universidad Técnica Particular de Loja para realizar el Trabajo de Fin de Titulación denominado "DISEÑO DE ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) PARA TECNOLOGÍA GPON PARA EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DESDE BARRIO LA PRADERA DE LA CIUDAD DE LOJA" QUE CUMPLA CON LA NORMATIVA DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P.", me permito comunicar que se desarrollaron los siguientes ítem:

- Levantamiento de Demanda Comercial – Encuestas – Base de Datos;
- Descripción de Diseño de Redes GPON a partir de la determinación de Demanda Comercial;
- Normativas de Dibujo en formato AUTOCAD;
- Determinación de Mano de Obra y Materiales;
- Presupuesto Referencial;

Adicional, como parte del trabajo se socializó lo descrito el día 22 de enero del 2018 a Funcionarios de las áreas Técnica y Comercial.

Por lo descrito y considerando el correo enviado al Ing. José Luis Arce Delegado de la Gerencia de Ingeniería, me permito comunicar que el Trabajo de Fin de Titulación denominado "DISEÑO DE ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) PARA TECNOLOGIA GPON PARA EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DESDE BARRIO LA PRADERA DE LA CIUDAD DE LOJA", realizado por el señor Diego Javier Espinoza Yunga (C.I. 1103991061) ha sido realizado cumpliendo los parámetros de Diseño de CNT EP.

Con sentimientos de consideración, quedo de Ustedes,

Atentamente

Ing. Pablo Toapanta Silverio

**ADMINISTRADOR DE LA AGENCIA PROVINCIAL LOJA ENC.**  
**CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP.**



www.cnt.gob.ec

Av. Manuel Agustín Aguirre y Venezuela, Edif. Administrativo, 3er piso  
LOJA - ECUADOR

@CNTinforma  
 CNT INFORMA