



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

### TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-  
Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR(ES): Albuja Narváez, José Alberto.

Eras Almeida, Hugo Javier

DIRECTOR: Sandoval Noreña, Francisco Alberto, Mgs.

LOJA-ECUADOR

2014

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Mgs.

Francisco Alberto Sandoval Noreña

DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **“Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”**, realizado por: Albuja Narváez José Alberto y Eras Almeida Hugo Javier, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Octubre de 2014

f). .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, Albuja Narváez José Alberto y Eras Almeida Hugo Javier, declaramos ser autores del presente trabajo de fin de titulación: **“Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”**, de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, siendo el Mgs. Francisco Alberto Sandoval Noreña director de presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 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 que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Autor: Albuja Narváez José Alberto

Cédula: 1103477749

f).....

Autor: Eras Almeida Hugo Javier

Cédula: 1104689946

## DEDICATORIA

*Este sueño cumplido se lo dedico a Dios a mi madre y mi hermano Ricardo que siempre me apoyaron incondicionalmente en las buenas y las malas, sin olvidarme de mi familia, mis amigos, y todos los buenas amistades que la UTPL me dio en mi paso con la hermosa Titulacion de Ingenieria en Electronica y Telecomunicaciones por todo eso Infinitamente Gracias..!*

*José Alberto*

*Esta nueva meta cumplida en mi vida se la dedico primeramente a Dios, a mis padres que gracias a su apoyo incondicional supieron guiarme de la mejor manera para poder alcanzar cada uno de mis sueños propuestos, a mis hermanos Andrea y Vladimir por estar siempre aconsejandome en las buenas y en las malas, a mi sobrino Sebastián por ser uno de mis principales motivaciones, a Guisela por estar siempre apoyandome en cada una de mis decisiones y especialmente a mi hijo Javier Alejandro ya que con su ternura y dulzura me inspiró para lograr cumplir uno de mis mas anhelados sueños.*

*Hugo Javier*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Un agradecimiento especialmente a Dios por cuidarnos día a día, a nuestras familias por alentarnos en cada momento y a nuestros amigos por apoyarnos en todo este tiempo.*

*Un cordial agradecimiento a todo el personal que conforma el área técnica y administrativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, por brindarnos su confianza y ayuda para poder culminar de la mejor manera este proyecto.*

*Al Ing. Fabián Castillo por ser nuestro guía en todo el proceso de diseño del trabajo realizado.*

*Un afectuoso agradecimiento a la Ing. Kathy Rohoden, Ing. Hernán Samaniego y Ing. Franciso Sandoval; quienes fueron directamente partícipes para que este trabajo culmine con el éxito esperado.*

*Gracias a todos....!*

*José Alberto y Hugo Javier*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABLAS .....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT .....	XIII
TERMINOLOGÍA .....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	17
OBJETIVOS .....	18
JUSTIFICACIÓN.....	18
ALCANCE.....	18
ESTRUCTURA .....	20
CAPÍTULO 1 : ESTADO DEL ARTE.....	21
1.1 PRINCIPIOS DE PROPAGACIÓN.....	22
1.2 FIBRA ÓPTICA MONOMODO.....	22
1.3 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO .....	22
1.4 RECOMENDACIONES DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA .....	23
1.4.1 UIT G-652D .....	23
1.4.2 UIT G.655.....	23
1.4.3 UIT G-657.....	24
1.5 CLASIFICACIÓN DE FIBRA ÓPTICA PARA AMBIENTES DE TRABAJO.....	25
1.5.1 CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS.....	25
1.5.2 CABLE DE FIBRA ÓPTICA FIGURA 8 .....	25
1.6 REDES FTT-X.....	26
1.6.1 FTTC (FIBER TO THE CURB) .....	26
1.6.2 FTTB (FIBER TO THE BUILDING) .....	27
1.6.3 FTTH (FIBER TO THE HOME) .....	27
1.6.4 FTTN (FIBER TO THE NODE) .....	28
1.7 ESTÁNDARES PON (PASIVE OPTICAL NETWORK).....	28
1.7.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE FIBRA ÓPTICA PARA PON.....	28
1.7.2 APON (ATM PASIVE OPTICAL NETWORK ) .....	28

1.7.3	BPON (BROADBAND PASIVE OPTICAL NETWORK).....	29
1.7.4	EPON (ETHERNET PASIVE OPTICAL NETWORK) .....	29
1.7.5	GPON (GIGABIT PASIVE OPTICAL NETWORK).....	29
1.7.5.1	<i>Recomendación UIT 984.1</i> .....	30
1.7.5.2	<i>Recomendación UIT 984.2</i> .....	30
1.7.5.3	<i>Recomendación UIT 984.3</i> .....	30
1.7.5.4	<i>Recomendación UIT 984.4</i> .....	31
1.7.5.5	<i>Recomendación UIT 984.5</i> .....	31
1.8	PROTOCOLOS USADOS PARA REDES GPON .....	32
1.8.1	TDM (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS) .....	33
1.8.2	TDMA (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS) .....	33
1.9	ELEMENTOS TERMINALES DE GPON.....	33
1.9.1	OLT (OPTICAL LINE TERMINATION) .....	33
1.9.2	ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) .....	33
1.9.2.1	<i>Splitters</i> .....	34
1.9.2.2	<i>ODFs (Optical Distribution Frame)</i> .....	35
1.9.2.3	<i>Cable FEEDER</i> .....	35
1.9.2.4	<i>NAP (NETWORK ACCESS POINT)</i> .....	35
1.9.3	ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL).....	36
1.10	INFRAESTRUCTURA PARA TENDIDO DE REDES DE FIBRA ÓPTICA.....	36
1.10.1	HERRAJES .....	36
1.10.2	Conectores de Fibra óptica.....	36
1.10.3	EMPALMES .....	36
1.10.4	MANGAS O MUFAS .....	37
1.10.5	TAPONES.....	37
1.11	DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN .....	37
1.11.1	ODTR (OPTICAL TIME DOMAIN REFLECT).....	37
1.11.2	OPM ( OPTICAL POWER METER).....	38
1.11.3	GPON TESTER.....	38
<b>CAPÍTULO 2 : DISEÑO DE LA ODN PARA OFERTAR SERVICIOS</b>		
<b>TELECOMUNICACIONES EN EL SECTOR NOROCCIDENTE DE LA CIUDAD DE LOJA .</b> 39		
2.1	INTRODUCCIÓN .....	40
2.2	ESTUDIO DE LA DEMANDA .....	41
2.2.1	ENCUESTA.....	41
2.2.2	ABONADOS ACTUALES .....	43
2.2.3	DEMANDA POTENCIAL .....	45

2.2.4	DEMANDA TOTAL .....	45
2.2.5	CRECIMIENTO DE LA DEMANDA.....	46
2.3	NORMAS TÉCNICAS PARA DISEÑO DE LA ODN.....	47
2.4	ARQUITECTURA DE RED GPON.....	48
2.5	MODELOS DE GPON DE CNT E.P.....	49
2.6	LINK BUDGET PARA ACCESOS GPON .....	50
2.7	DISEÑO DE LA ODN.....	52
2.7.1	IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	52
2.7.2	DISEÑO DE LA RED DE DISPERSIÓN .....	54
2.7.3	DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....	58
2.7.4	DISEÑO DE LA RED TRONCAL FEEDER.....	59
2.7.5	DISEÑO DE CANALIZACIÓN PARA FIBRA ÓPTICA.....	60
2.7.6	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED ODN PROYECTADA.....	62
2.7.7	LINK BUDGET DISEÑO ODN .....	63
CAPÍTULO 3 : ANÁLISIS FINANCIERO .....		66
3.1	INTRODUCCIÓN .....	67
3.2	COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN .....	68
3.3	DETERMINACIÓN DE COSTOS .....	68
3.3.1	TELEFONÍA .....	69
3.3.2	INTERNET .....	69
3.3.3	TELEVISIÓN DIGITAL.....	69
3.3.4	SERVICIOS EN DOBLE PACK Y TRIPLE PACK .....	70
3.4	CÁLCULOS DE LOS INGRESOS SIN PROYECTO ODN VS INGRESOS CON PROYECTO ODN....	70
3.5	RESULTADOS OBTENIDOS .....	71
3.5.1	CÁLCULO DE FONDOS ACTIVOS NETOS.....	72
3.5.2	VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	73
3.5.3	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80
ANEXO 1: ENCUESTA.....		84
ANEXO 2: BASE DE DATOS ENCUESTAS .....		86
ANEXO 3: PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....		87
ANEXO 4: PLANOS DE LA RED DE DISPERSIÓN .....		88
ANEXO 5: PLANOS DE LA RED FEEDER.....		89
ANEXO 6: PLANOS CANALIZACIÓN EXISTENTE Y PROYECTADO USADO PARA LA ODN .....		90

ANEXO 7: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED DE DISPERSIÓN Y FEEDER .....	91
ANEXO 8: PRESUPUESTO REFERENCIAL ODN .....	92
ANEXO 9: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE CNT.....	93
ANEXO 10: CONVENIO DE CONFIDENCIAL CON CNT E.P .....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 0.1. Delimitación de la zona de cobertura de la red GPON .....	19
Figura 1.1. Propagación fibra monomodo .....	22
Figura 1.2. Propagación fibra multimodo.....	22
Figura 1.3. Cable ADSS.....	25
Figura 1.4. Cable figura 8 .....	26
Figura 1.5. Estructura de distribución FTTC.....	26
Figura 1.6. Estructura de distribución FTTB.....	27
Figura 1.7. Estructura de distribución FTTH.....	27
Figura 1.8. Estructura de distribución FTTN.....	28
Figura 1.9. Distribución de longitudes de onda para GPON .....	32
Figura 1.10. Acceso GPON mediante TDM y TDMA.....	32
Figura 1.11. Esquema general de los elementos de una ODN.....	34
Figura 1.12. Splitter para fibra óptica .....	34
Figura 1.13. ODTR .....	37
Figura 1.14. GPON TESTER .....	38
Figura 2.1. Demanda existente de telefonía fija e inalámbrica. ....	44
Figura 2.2. Demanda existente del servicio de Internet.....	44
Figura 2.3. Demanda existente del servicio de TV pagada. ....	45
Figura 2.4. Proyección de crecimiento anual de abonados. ....	47
Figura 2.5. Arquitectura de una Red GPON.....	48
Figura 3.6. Arquitectura de una Red GPON.....	49
Figura 2.7. Modelo Masivos/Casas .....	50
Figura 2.8. Ubicación del OLT de CNT E.P.....	53
Figura 2.9. Ejemplo sobre desplazamiento de las ONT en el plano catastral en el software AutoCAD.....	54
Figura 2.10. Factor de arranque en función al índice de crecimiento .....	56
Figura 2.11. Factor de arranque en función al índice de crecimiento .....	57
Figura 3.12. Ejemplo sobre la red de distribución realizada en el software AutoCAD.....	59
Figura 2.13. Esquema de canalización de 4 vías más triducto .....	61
Figura 2.14. Configuración de Vías de canalización telefónica. ....	62
Figura 3.1. CAPEX ODN.....	67
Figura 3.2. Fondos Activos Netos .....	73
Figura 3.2. Calculo del VAN.....	74

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Índices de atenuación según el nivel del splitter.....	35
Tabla 2.1. Preguntas de la encuesta.....	41
Tabla 2.2. Demanda total existente de servicios de telecomunicaciones. ....	44
Tabla 2.3. Demanda total de abonados .....	46
Tabla 2.4. Potencias de transmisión y recepción del OLT y ONT.....	50
Tabla 2.5. Perdidas adicionales en la ODN.....	51
Tabla 2.6. Capacidad de los cables de fibra óptica para la ODN .....	52
Tabla 2.7. Índice económico .....	55
Tabla 2.8. Buffers del cable FEEDER .....	60
Tabla 2.9. Cálculo de atención total para el usuario más lejano.....	63
Tabla 2.10. Cálculo de atenuación total para el abonado más cercano. ....	64
Tabla 3.1. Costo total de la inversión de ODN. ....	68
Tabla 3.2. Costos de telefonía fija de CNT E.P. ....	69
Tabla 3.3. Costos de Internet fijo de CNT E.P.....	69
Tabla 3.4. Costos Televisión Digital de CNT.E.P. ....	69
Tabla 3.5. Paquetes de servicios de CNT E.P. ....	70
Tabla 3.6. Total ingresos con abonados sin proyecto ODN.....	70
Tabla 3.7. Abonados con proyecto ODN.....	71
Tabla 3.8. Rubros adicionales.....	71
Tabla 3.9. Tabla sobre Fondos activos netos.....	72
Tabla 3.10. Cálculo VAN para red ODN.....	74
Tabla 3.11. Cálculo de TIR para red ODN. ....	75

## RESUMEN

En el presente documento se detalla el proceso de diseño de una red ODN de acceso FTTH, utilizando tecnología GPON, la cual permite brindar servicios convergentes (voz, Internet y televisión) independientemente de la infraestructura, y de esta manera se pueda cubrir la demanda de servicios de telecomunicaciones que los usuarios requieran en el sector noroccidente de la ciudad de Loja, debido a que es una zona altamente comercial y residencial.

Para hacer posible el diseño de la ODN para la red GPON se realiza un estudio y levantamiento de información, por la zona delimitada (Figura 0.1), de los usuarios existentes y potenciales, determinando la demanda total y demanda potencial de usuarios que requieren servicios de telecomunicaciones.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño técnico de una ODN para una red GPON utilizando la normativa vigente de la CNT E.P. en lo que concierne norma técnica de dibujo y norma técnica de diseño. Además se hizo un análisis financiero costo-beneficio para determinar la viabilidad del proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Fibra óptica, FTTH, GPON, servicios convergentes, CNT E.P.

## **ABSTRACT**

In this document the process of designing an ODN FTTH access network using GPON technology, which allows providing converged services (voice, Internet and television) regardless of the infrastructure is detailed, and thus can meet the demand of telecommunications services that users require in the northwest sector of the city of Loja, because it is a highly commercial and residential area.

To enable the design of GPON ODN for study and information gathering was held for the defined area (Figure 1.1), existing and potential users, identifying potential service users requiring total demand and demand telecommunications.

He then proceeded to conduct a technical design for GPON ODN network using the current regulations of the CNT E.P. regarding technical standard technical drawing and design standard. Moreover it was a financial cost-benefit analysis to determine the viability of the project.

**KEYWORDS: Optical fiber, FTTH, GPON, convergent services, CNT.**

## **TERMINOLOGÍA**

**ODN:** Optical distribution network

**FTTH:** Fiber to the home

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

**CNT EP:** Corporación Nacional De Telecomunicaciones Empresa Pública

**GSM:** Global system for mobile

**CDMA:** Code division multiple access

**LTE:** Long term evolution

**ADSL:** Asymmetric digital subscriber line

**SDSL:** Symmetric digital subscriber line

**SHDSL:** Single pair high speed digital subscriber line

**DTH:** Direct to home

**PON:** Pasive optical network

**APON:** ATM pasive optical network

**ATM:** Asynchronous transfer mode

**FSAN:** Full service access network

**ITU:** International Telecommunication Union

**PLOAM:** Physical layer operation, administration and management

**BPON:** Broadband pasive optical network

**WDM:** Wavelength division multiplexing

**VPL:** Virtual private line

**EPON:** Ethernet pasive optical network

**EFM:** Ethernet first mile

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

**CoS:** Class of Service

**TDM:** Time division multiplexing

**IP:** Internet protocol

**FTTBusiness:** Fiber to the business

**MIB:** Management information base

**OLT:** Optical line termination

**ONT:** Optical network terminal

**ONUs:** Optical network unit

**FTTC:** Fiber to the curbe

**FTTB:** Fiber to the building

**FTTN:** Fiber to the node

**ODF:** Optical distribution frame

**MDU:** Multi dwelling unit

**XDSL:** Digital subscriber line

**ADSS:** All-dielectric self-supporting

**DWDM:** Dense wavelength division multiplexing

**CWDM:** Coarse wavelength division multiplexing

**TDM:** Time division multiplexing

**TDMA:** Time division multiple access

**ODTR:** Optical time domain reflect

**OPM:** Medidor de potencia óptica

**LANs:** Local area network

**WANs:** Wide area network

**CATV:** Community antenna television

**EERSSA:** Empresa Eléctrica Regional Del Sur S.A.

**FTTCab:** Fiber to the cabinet

**FDF:** Caja de distribución secundaria

**FDH:** Armario de distribución de fibra óptica

**NAPs:** Caja de distribución óptica

## Introducción

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., es una empresa del Estado Ecuatoriano que está encargada de proveer servicios de Telecomunicaciones en todo el país. Cuenta con varias redes distribuidas en todo el territorio Ecuatoriano brindando servicios de telecomunicaciones como: telefonía fija; telefonía fija inalámbrica; telefonía móvil; Internet y televisión satelital [1].

El servicio de telefonía fija que brinda la CNT E.P, es proporcionado a través del par de cobre y está basada en conmutación de circuitos para transmitir las señales analógicas y de esta forma se establecen las llamadas telefónicas.

El servicio de telefonía fija inalámbrica que brinda la CNT E.P., en la actualidad utiliza la tecnología CDMA 450 la cual opera en la banda de frecuencia de 450 MHz, la cual mediante la implementación de radio bases brinda cobertura en los sectores rurales donde no existe infraestructura existente para brindar servicio de telefonía fija.

El servicio de telefonía móvil que brinda la CNT E.P., en la actualidad utiliza tecnología GSM, CDMA, 3G y se encuentra desplegando una red con tecnología 4G LTE en algunas ciudades del país, con esto se pretende mejorar la capacidad de la red de datos y ampliar su cobertura a nivel nacional.

El servicio de Internet que proporciona es a través de plataformas xDSL utilizando tecnologías como: ADSL, ADSL2+, SDSL y G.SHDSL. Dichos tipos de enlace son establecidos a través del par de cobre de la red telefónica de CNT E.P. Además cuenta con plataforma IP/MPLS, para brindar el servicio a clientes corporativos garantizando de esta forma alta calidad, confiabilidad, disponibilidad y flexibilidad en el transporte de los datos.

La televisión satelital DTH (Direct-to-Home) que brinda la CNT E.P. conecta directamente a los abonados con el satélite que distribuye las señales de televisión, esta señal es captada en tierra por una antena parabólica ubicada en cada una de los lugares que se quiere el servicio y se encuentra operando en las bandas de frecuencias 10.7–12.26 GHz.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar una ODN para una red GPON en la localidad de Loja Noroccidente, para el uso exclusivo de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar el levantamiento integral de demanda de servicios de telecomunicaciones.
- ✓ Realizar el diseño de ingeniería de una ODN para una red GPON en la ciudad de Loja noroccidente, de acuerdo a la normativa de diseño CNT E.P.
- ✓ Realizar un análisis financiero que permita evaluar la viabilidad del proyecto.

## **Justificación**

El estudio del diseño de ingeniería de una ODN para una red GPON en la ciudad de Loja, pretende mejorar la calidad de servicios que actualmente ofrece la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.E.P., en lo que concierne a la telefonía fija, Internet y televisión satelital.

Actualmente la CNT.E.P. Cuenta con redes de cobre para brindar servicios de telefonía fija e Internet y para la televisión mediante satélite, lo cual provoca que exista una infraestructura distinta para cada servicio de telecomunicaciones que la empresa proporciona a sus abonados, es por ello que pretende implementar redes convergentes como GPON que permita llevar los servicios sobre una misma infraestructura.

## **Alcance**

Para realizar el diseño de la ODN la CNT E.P considera un periodo mínimo de vida útil de 10 años y cumpla con las normativas vigentes de diseño y dibujo. El área requerida para realizar el diseño de la ODN se ubica en el sector noroccidente de la ciudad de Loja, comprende los siguientes sectores (Figura 0.1): El Valle, la Gran Colombia, Celi Román, Lojana de Turismo, Terminal Terrestre, San José, Urbanización Bellos Horizontes, Urbanización la Cuadra, Ciudadela el Maestro y parte de la Av. Manuel Carrión Pinzano.

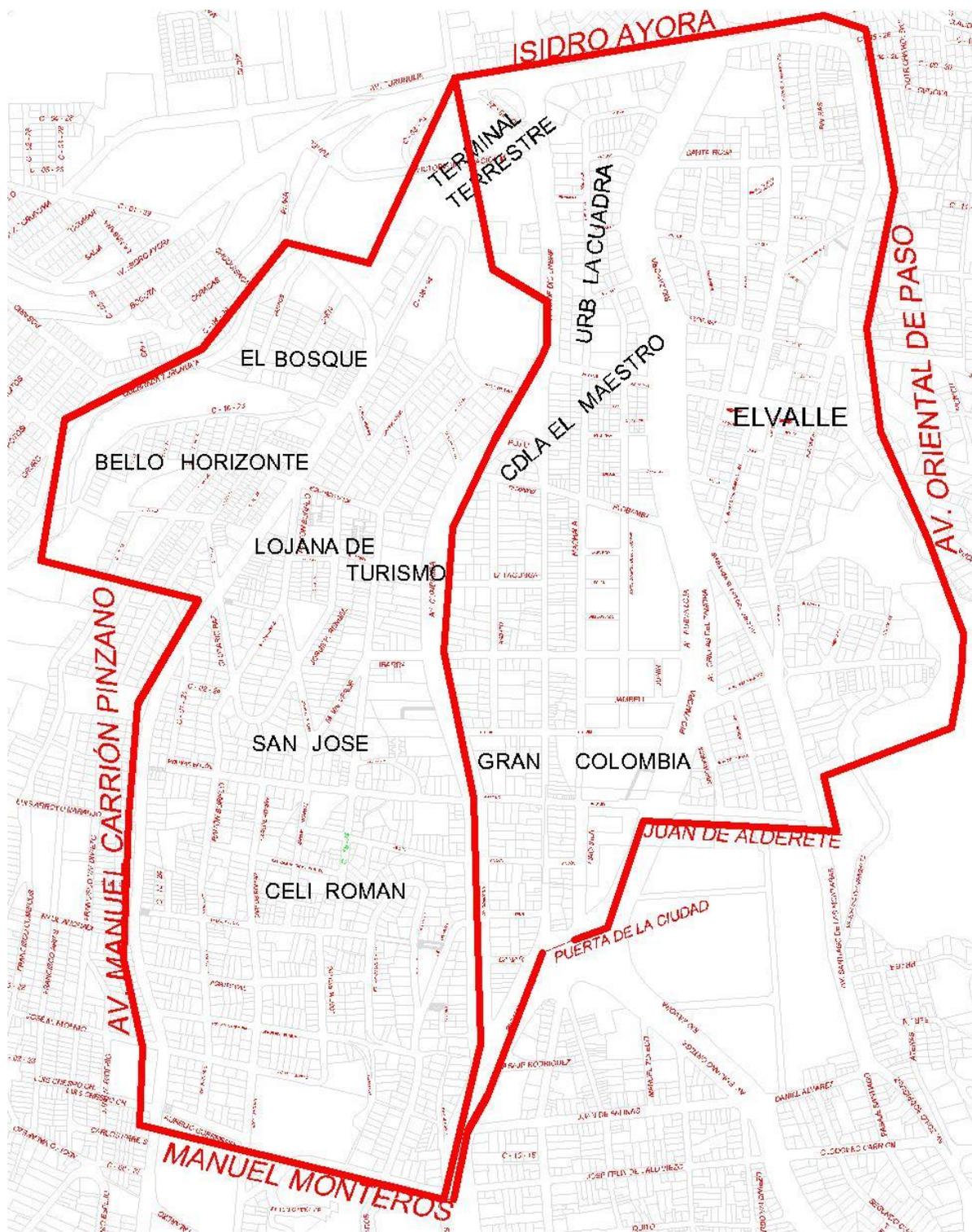


Figura 0.1. Delimitación de la zona de cobertura de la red GPON  
Fuente: [Ilustre Municipio de Loja]

## **Estructura**

En el presente proyecto se realiza un diseño de ingeniería de una ODN para una red GPON en la ciudad de Loja. A continuación se detallan cada uno de los capítulos con su contenido respectivo:

**Capítulo 1.** Contiene el estado del arte y toda la información teórica sobre los elementos, dispositivos y funcionamiento de una ODN para una red GPON.

**Capítulo 2.** Se realiza un análisis sobre la demanda integral adquirida mediante un censo realizado en el sector Noroccidente de la ciudad de Loja, y mediante los resultados obtenidos procedemos al diseño de la ODN.

**Capítulo 3.** Se realiza un análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

**Capítulo 4.** Se presenta las conclusiones y recomendaciones sobre el diseño de la ODN para una red GPON.

## **CAPÍTULO 1 : ESTADO DEL ARTE**

## 1.1 Principios de propagación

La transmisión de los impulsos luminosos dentro de la fibra óptica se basa en dos propiedades la refracción y la reflexión.

Cuando un impulso luminoso encuentra en su camino una superficie dieléctrica, se desdobra en dos impulsos luminosos, uno reflejado y otro refractado o transmitido, cuyos ángulos se relacionan con el ángulo de incidencia a través de la ley de Snell [2]. La potencia óptica, por su parte también se distribuye en los dos impulsos luminosos.

## 1.2 Fibra óptica monomodo



Figura 1.1. Propagación fibra monomodo  
Fuente: [3]

Es un tipo de fibra óptica que permite transmitir un impulso luminoso en línea recta, el impulso luminoso es directo y lleva mayor potencia. Se reduce el diámetro de núcleo en comparación con la fibra multimodo, eliminando los efectos de la dispersión modal. Este tipo de fibra se utiliza en telecomunicaciones de media y larga distancia, en donde existe elevada demanda de transmisión de datos [4].

## 1.3 Fibra óptica multimodo

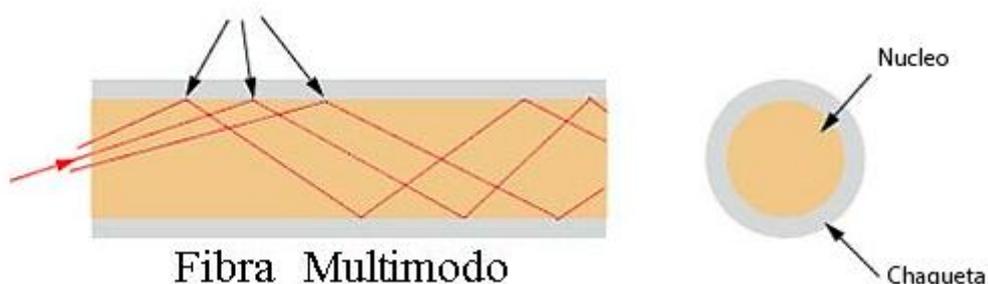


Figura 1.2. Propagación fibra multimodo  
Fuente: [3]

Es un tipo de fibra cuya característica principal es que el diámetro del núcleo es mayor con relación al núcleo de fibra monomodo, el paso de los impulsos de luz dentro del núcleo de la fibra multimodo se reflejan con distintos ángulos, por lo que el alcance de la transmisión es limitada. Es de fácil uso para su conexión y permite mayor tolerancia a componentes de menor precisión [4].

Según el índice de refracción se considera dos tipos: fibras de índice escalonado y fibras de índice gradual.

Las fibras de índice escalonado se caracterizan por conservar constante su índice de refracción, pero existe un cambio abrupto en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento, y por tanto estas fibras son de alta atenuación [4].

Las fibras de índice gradual se caracterizan por el aumento proporcional de su índice de refracción con respecto a la distancia radial respecto al eje de la fibra óptica reduciendo la dispersión entre los diferentes modos de propagación [4].

## **1.4 Recomendaciones de cables de fibra óptica**

### **1.4.1 UIT G-652D**

Esta Recomendación describe una fibra óptica monomodo y cable que tiene dispersión nula, longitud de onda alrededor de 1310 nm y que está optimizado para su uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que también puede ser utilizado en la región de 1550 nm. Es posible utilizar con esta fibra tanto transmisión analógica como digital [5].

Los parámetros geométricos, ópticos, de transmisión y mecánicos se describen a continuación en dos categorías de atributos [5]:

- ✓ Atributos de la fibra: Son los atributos que se mantienen en el cableado y la instalación.
- ✓ Atributos del cable: Son los atributos recomendados para el área de trabajo.
- ✓ Los atributos de enlace: Son característicos de cables concatenados, que describen métodos de estimación de los parámetros del interfaz del sistema basado en mediciones, modelado u otras consideraciones.

### **1.4.2 UIT G.655**

Esta Recomendación describe una fibra monomodo con un coeficiente de dispersión cromática de valor absoluto, que es mayor que algún valor distinto de cero a lo largo de las longitudes de onda más grandes que 1530 nm [6].

Esta dispersión reduce el crecimiento de los efectos no lineales que pueden ser especialmente sistemas de multiplexación DWDM (multiplexado compacto por división en longitudes de onda). A longitudes de onda más bajas, el coeficiente de dispersión puede reducirse a cero, pero los valores del coeficiente de dispersión cromática en estas longitudes de onda pueden ser especificados para apoyar una multiplexación CWDM (multiplexación por división en longitudes de onda ligeras), que son sistemas que no poseen impedimentos significativos debido a los efectos no lineales [6].

Estas fibras estaban destinadas originalmente para su uso en longitudes de onda en una región prescrita entre 1530 nm y 1565 nm. Se han tomado medidas para soportar la transmisión a mayores longitudes de onda de hasta 1625 nm y longitudes de onda inferiores hacia abajo a 1460 nm [6].

Los parámetros geométricos, ópticos, de transmisión y mecánicos se describen a continuación en tres categorías de atributos [6]:

- ✓ Atributos de la fibra: Son los atributos que se mantienen en el cableado y la instalación.
- ✓ Atributos de cable: Son los atributos recomendados para el área de trabajo.
- ✓ Atributos de enlace: Son características de cables concatenados, que describen métodos de estimación de los parámetros del interfaz del sistema basado en medidas, modelado u otras consideraciones.

### **1.4.3 UIT G-657**

Esta Recomendación describe dos categorías de un solo modo de cable de fibra óptica que son adecuados para su uso en redes de acceso, incluyendo el interior de edificios al final de estas redes. Ambas categorías A y B tienen dos subcategorías que difieren en la pérdida por macropliegues [7].

Fibras de la categoría A se han optimizado para la reducción de pérdida por macropliegues, y se pueden desplegar en todo el acceso red. Estas fibras son adecuadas para ser utilizadas en las bandas O, E, S, C, y L, es decir, durante todo el rango de 1260 a 1625 nm [7].

Para cumplir con los rangos previstos la categoría A se divide en varias subcategorías, las cuales son:

- ✓ Fibras ITU-T G.657.A1 son apropiadas para un radio mínimo de diseño de 10 mm.
- ✓ Fibras ITU-T G.657.A2 son apropiadas para un radio mínimo de diseño de 7,5 mm.

Fibras de la categoría B están optimizadas para una mayor reducción de la pérdida por macropliegues y por lo tanto poseen valores bajos de radio de curvatura. Estas fibras son para distancias de corto alcance menor a 1000 metros en el extremo de las redes de acceso, en particular, en el interior de edificios o cerca de edificios. La duración de aplicación de la Recomendación UIT-T fibra G.657.B depende de la implementación estrategia de cada operador de red. Estas fibras son adecuadas para su uso en las bandas O, E, S, C, y L, es decir, durante todo el rango de 1260 a 1625 nm [7].

Para cumplir con los rangos previstos la categoría B se divide en varias subcategorías, las cuales son :

- ✓ Fibras ITU-T G.657.B2 son apropiadas para un radio mínimo de diseño de 7,5 mm.
- ✓ Fibras ITU-T G.657.B3 son apropiadas para un radio mínimo de diseño de 5 mm.

## **1.5 Clasificación de fibra óptica para ambientes de trabajo**

### **1.5.1 Cable de fibra óptica ADSS**

Son cables de fibra optica sustentados totalmente dielectricos, que sastisface las nesecidades de demanda para el transporte de datos y distribucion del cable. Las caracterististas de ADSS es ofrecer flexibilidad para ser instalados en torres de transmisión elevadas, eliminando la necesidad de un mensajero. Existen tanto en monomodo y como el multimodo [8].

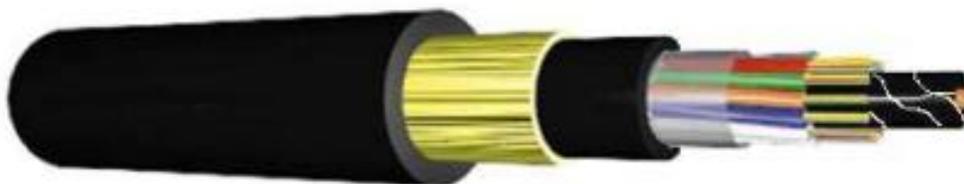


Figura 1.3. Cable ADSS

Fuente: [<http://protelbol.com/Descargas/catalogos/Fibra-optica/Cable-optico-Dielrctrico-ADSS.pdf>]

### **1.5.2 Cable de fibra óptica Figura 8**

Son cables de fibra optica que poseen un suspensor o mensajero para el tendido aéreo entre postes o columnas de igual forma sastisface las nesecidades de demanda para el transporte de datos y distribucion del cable . Existen tanto en monomodo y como el multimodo [8].



Figura 1.4. Cable figura 8  
 Fuente: [<http://www.fibraoptica hoy.com/cable-de-fibra-optica-auto-soportado-figura-8/>]

## 1.6 Redes FTT-X

### 1.6.1 FTTC (Fiber to the curb)

Fibra óptica hasta la esquina, es el tendido de fibra que llega hasta la ONT, continuando hasta un domicilio o residencia mediante un tendido de cobre (Figura 1.5.), con el fin de aprovechar la estructura existente. El alcance óptico para la estructura FTTC es de 20km [9].

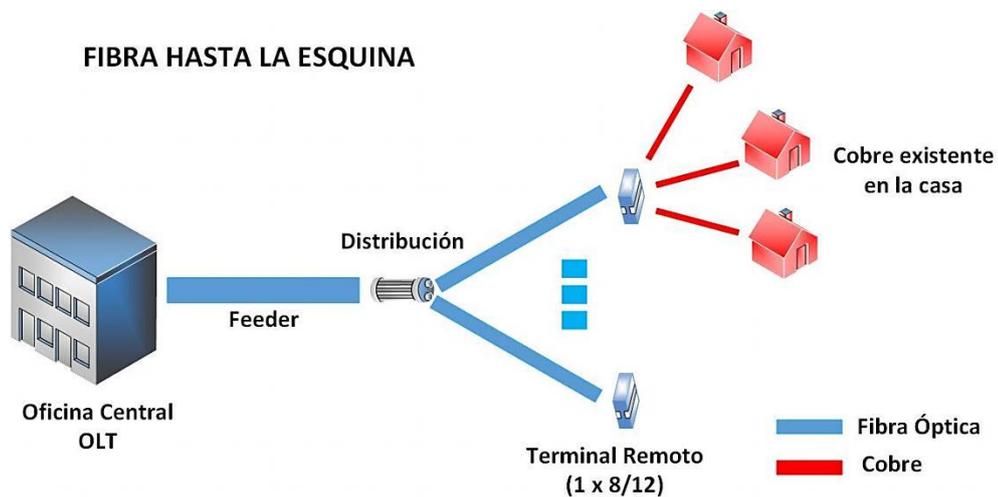


Figura 1.5. Estructura de distribución FTTC.  
 Fuente: [10]

### 1.6.2 FTTB (Fiber to the building)

Fibra óptica hasta el edificio, es el tendido de fibra que considera como medio de transporte a la fibra óptica hasta los concentradores o enrutadores de grandes edificios (Figura 1.6), y al usuario final se llega mediante el tendido de cobre disponible en el edificio. El alcance óptico para la estructura FTTB es de 20km [9].

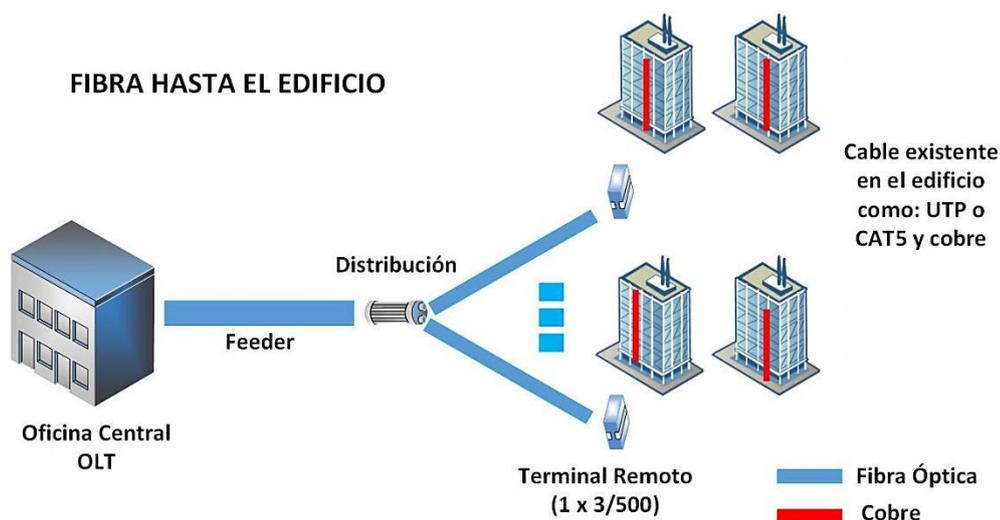


Figura 1.6. Estructura de distribución FTTB.  
Fuente: [10]

### 1.6.3 FTTH (Fiber to the home)

Fibra óptica hasta el domicilio, es el tendido de fibra considerado medio de transporte físico de datos desde el OLT hasta el ONT ubicado en el interior del domicilio o residencia, considerando todos los elementos que conforman de la ODN (Figura 1.7). El alcance óptico para la estructura FTTH es de 20km [9].

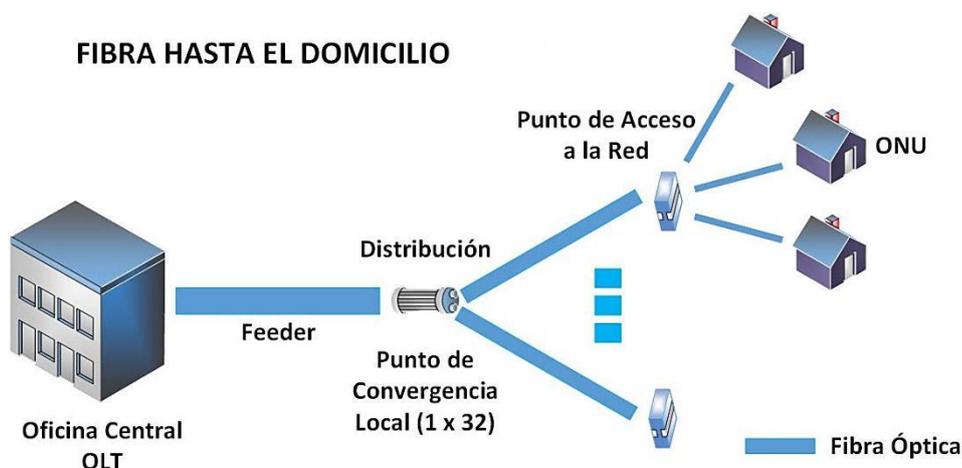


Figura 1.7. Estructura de distribución FTTH.  
Fuente: [10]

#### 1.6.4 FTTN (Fiber to the node)

Fibra óptica hasta el nodo, es el tendido de fibra de menor distancia, en la cual el tendido parte desde una central hasta un punto terminal remoto desde el cual se reparte por el tendido existente de cobre, aprovechando la infraestructura (Figura 1.8). El alcance óptico para la estructura FTTH es de 20km [9].

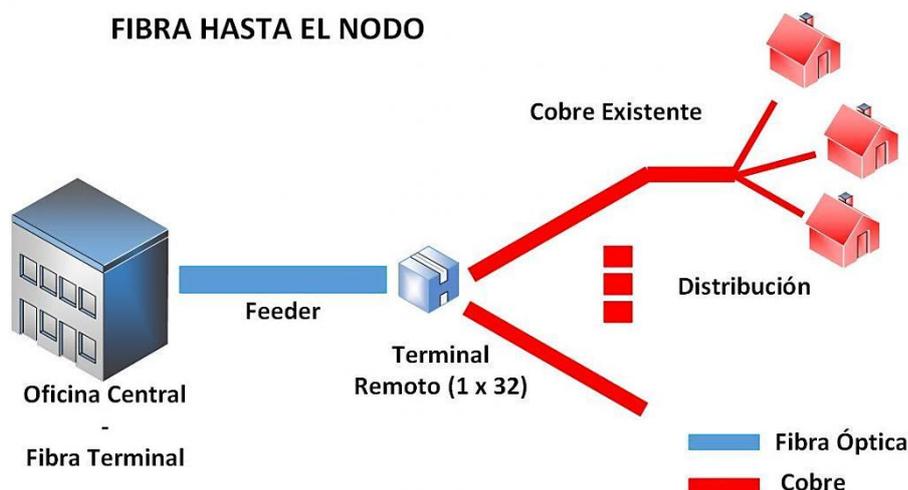


Figura 1.8. Estructura de distribución FTTN.  
Fuente: [10]

### 1.7 Estándares PON (Passive Optical Network)

#### 1.7.1 Antecedentes técnicos de fibra óptica para PON

Las redes PON son una configuración de red que se caracteriza por proveer una gran variedad de servicios de banda ancha a los usuarios mediante accesos de fibra óptica y componentes ópticos [9].

#### 1.7.2 APON (ATM Passive Optical Network)

Es el primer estándar de red óptica pasiva, permite la transmisión de información desde el nodo óptico al usuario usando la tecnología ATM (Asynchronous Transfer Mode). Fue creado por FSAN (Full Service Access Network) en 1998, y se especifica en la recomendación ITU-T G.983.

Esta tecnología se describe por un canal descendente, en el cual las tramas se forman por celdas ATM de 53 bytes, y un canal ascendente que se forman a partir de 54 celdas ATM donde se intercalan dos celdas PLOAM (Physical Layer Operation, Administration and Management). La tasa de transmisión en los canales ascendente y descendente, en referencia con un solo equipo terminal, es de 155Mbps simétricos [11].

### **1.7.3 BPON (Broadband Pasive Optical Network)**

Broadband PON, es un estándar creado por FSAN (Full Service Access Network) en 2001, se especifica en la recomendación ITU-T G.983. Este estándar se creó como reemplazo de APON.

La principal característica de este estándar es la multiplexación por longitud de onda o WDM, con el objetivo de incrementar la velocidad de transmisión, incrementando los servicios de Ethernet, VPL (Virtual Private Line), etc [12].

El tráfico asimétrico en el canal descendente es de 622 Mbps y el canal ascendente de 155 Mbps. En cambio para el tráfico simétrico tanto en el canal ascendente como en el canal descendente la velocidad de transmisión es de 662 Mbps incrementando los costos y limitaciones técnicas [12].

### **1.7.4 EPON (Ethernet Pasive Optical Network)**

Ethernet PON, surge el año 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile) de IEEE como la técnica PON de nueva generación, permite a los proveedores desplazar rápidamente equipos de mayores velocidades de transmisión a bajo coste, la desventaja de este tipo de tecnología se basa en la carencia de varias funcionalidades de transporte de servicios con calidad operadores. En un tráfico simétrico la velocidad de transmisión en los canales ascendentes y descendentes son de 1Gbps [13].

Combina los protocolos de transporte Ethernet con topologías de redes PON punto a multipunto. Incluye mecanismos para la operación, administración y mantenimiento de redes. Soporta operación CoS (Class of Service) para transportes de datos sensibles al tiempo, tales como video donde las tramas del video deben entregarse en secuencia y a tiempo para prevenir fallas visibles. Soporta TDM usando servicios de emulación de circuitos [13].

### **1.7.5 GPON (Gigabit Pasive Optical Network)**

Es un conjunto de estándares para redes Gigabit PON. Aparece en el año 2004, basado en las recomendaciones ITU-T 984.X que regulan las características técnicas de los equipos desarrollados para el soporte de la red GPON. Permite manejar velocidades de transmisión en el orden de los gigabits con el objetivo principal de la prestación de servicios residencial como comercial, basado en transporte de servicios IP con el fin de encapsular la información y gestionar los elementos de la red.

Las velocidades de transmisión en un tráfico simétrico son de 622 Mbps hasta 1.25 Gbps. Y un tráfico asimétrico es de 2.5 Gbps en un canal descendente y 1.25 Gbps en un canal ascendente, utilizando técnicas de multiplexación mediante diferentes longitudes de onda [14].

#### **1.7.5.1 Recomendación UIT 984.1**

Especifica las características generales de funcionamiento de las redes GPON, incluyendo los términos, las definiciones, las abreviaturas, y el tipo de interfaz de los elementos que constituyen una red GPON. Además describe los diferentes escenarios que se suscitan al desplegar una red con las características GPON [15].

#### **1.7.5.2 Recomendación UIT 984.2**

Especifica la capacidad de la red para soportar las necesidades de velocidad de transmisión para servicios en empresas y abonados particulares, tanto el medio físico y método de transmisión.

Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas [16].

Establece sistemas con velocidades de transmisión nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente [16].

#### **1.7.5.3 Recomendación UIT 984.3**

Describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidades en gigabits, para proporcionar servicios de banda ancha y de banda estrecha, con las siguientes velocidades de transmisión asimétricas:

- ✓ 0,15552 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,62208 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 1,24416 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,15552 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 0,62208 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 1,24416 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.
- ✓ 2,48832 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente.

Pero no permite la interconexión con 0,15552 Gbit/s y 0,62208 Gbit/s para el flujo ascendente y/o descendente, y con 1,24416 Gbit/s para el sentido descendente [17].

#### **1.7.5.4 Recomendación UIT 984.4**

Describe la terminación de la red óptica de gestión (ONT) y la interfaz de control (OMCI) en fibra hasta el hogar (FTTH) y fibra hasta el negocio (FTTBusiness), adicionalmente especifica las entidades gestionadas de una base de información de gestión independiente del protocolo (MIB) que modela el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT) [18].

Los servicios para la operación de una red GPON, en la gestión de fallos y gestión de rendimientos son:

- ✓ Capa de transferencia asíncrona (ATM).
- ✓ Método de encapsulación
- ✓ Servicio de emulación de circuitos
- ✓ Servicios de voz
- ✓ Multiplexación por longitud de onda.

#### **1.7.5.5 Recomendación UIT 984.5**

Describe los rangos de longitud de onda reservados para aplicaciones adicionales, señales que se superponen a través de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en redes ópticas GPON para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN). Define y establece lo siguiente [19]:

- ✓ Longitud de onda a ser reservados
- ✓ La sensibilidad óptica mínima requerida en las unidades de red PON óptica (ONUS).

El rango de longitud de onda de la señal descendente GPON (sistema de una sola fibra) se especifica en 1480 nm a 1500 nm y la de la señal ascendente GPON (sistema de una sola fibra) se especifica en 1260 nm a 1360 nm (Figura 2.15). El rango de longitud de onda de la señal descendente GPON se conoce como la "banda base" las bandas reservadas se les conoce como la "banda de mejora". Las solicitudes para la banda de mejora incluyen los servicios de vídeo y servicios de nueva generación [19]. Las longitudes de onda de seguridad o denominado banda de mejora, separa el canal ascendente y el canal descendente en GPON, se utiliza para evitar la interferencia entre las señales de estas dos bandas, ya que provoca degradación de la señal entre sí (Figura 1.9).

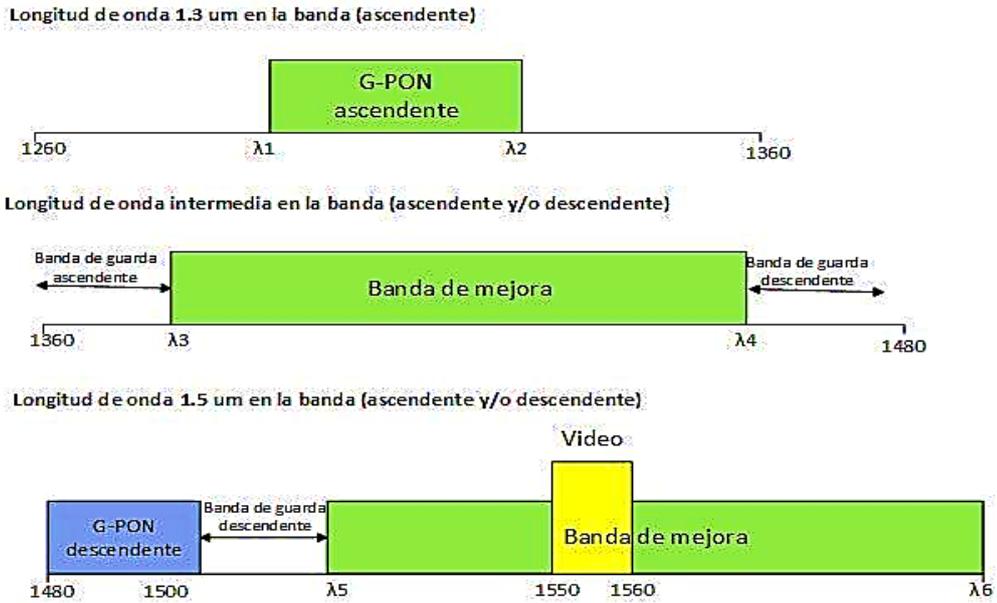


Figura 1.9. Distribución de longitudes de onda para GPON  
Fuente: [19]

### 1.8 Protocolos usados para redes GPON

La transmisión se realiza entre OLT y múltiples ONTs utilizando la red de fibra óptica común. En esta red de fibra están presentes los divisores ópticos que son los responsables de encaminar la señal procedente de la OLT a cada una de las ONT, en los cuales se utiliza dos métodos de transmisión TDM y TDMA (Figura 1.10).

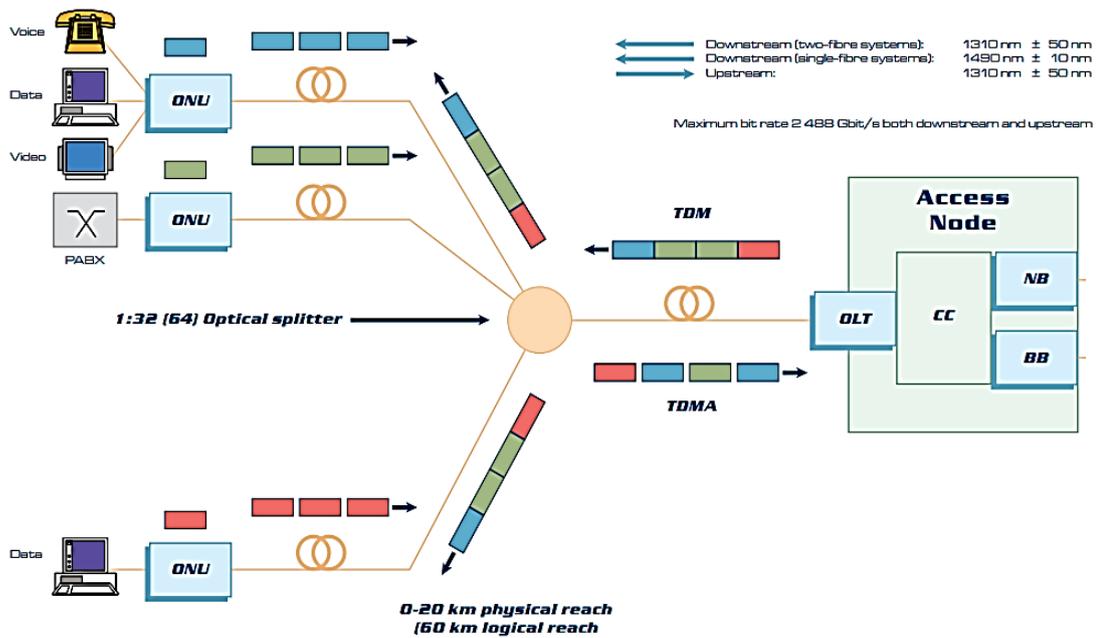


Figura 1.10. Acceso GPON mediante TDM y TDMA  
Fuente:[<http://www.globalnetwave.com/docs/ITU%20GPON%20INFO%20Sheet-1.pdf>]

### **1.8.1 TDM (Time Division Multiple Access)**

Time Division Multiplexing – TDM es donde todos los datos se transmiten a todas las ONTs. Cada ONT filtra los datos recibidos y sólo es capaz de acceder a aquellos datos que van dirigidos hacia ella. Es posible cifrar el tráfico que se cursa entre OLT-ONT para que este sea inaccesible a una segunda ONT [14].

### **1.8.2 TDMA (Time Division Multiple Access)**

Time Division Multiple Access – TDMA es donde el OLT controla el canal ascendente, asignando ventanas de tiempo de transmisión a cada ONT. Se requiere un control de acceso al medio para evitar colisiones y para distribuir el ancho de banda entre los usuarios. Es necesaria la perfecta sincronización de los paquetes ascendentes para que la OLT sea capaz de reconstruir la trama GPON. Por esta razón es necesario que la OLT conozca la distancia a la que se encuentra cada ONT para tener en cuenta el retardo al recibir la información [14].

## **1.9 Elementos terminales de GPON**

### **1.9.1 OLT (Optical Line Termination)**

Terminación de línea óptica (Figura 1.11), es el dispositivo que sirve como el servicio de punto final de proveedor de una red óptica pasiva. Realiza la conversión de las señales eléctricas utilizadas por el equipo del proveedor y las señales de fibra óptica, también es el encargado de coordinar la multiplexación con la ONT. Normalmente se ofrecen en un formato modular que permiten la adecuación a los diferentes escenarios existentes. De esta manera podremos disponer de puertos para conexión de uplink tanto eléctricos como ópticos y puertos de acceso GPON [20].

### **1.9.2 ODN (Optical Distribution Network)**

Red de distribución óptica (Figura 1.11), son todos los elementos que conforman un tendido de fibra óptica desde un punto central, hacia los abonados. Suele estar compuesto de las diferentes fibras ópticas y por elementos pasivos como los splitter, los cuales son requeridos para diversificar la red [20].

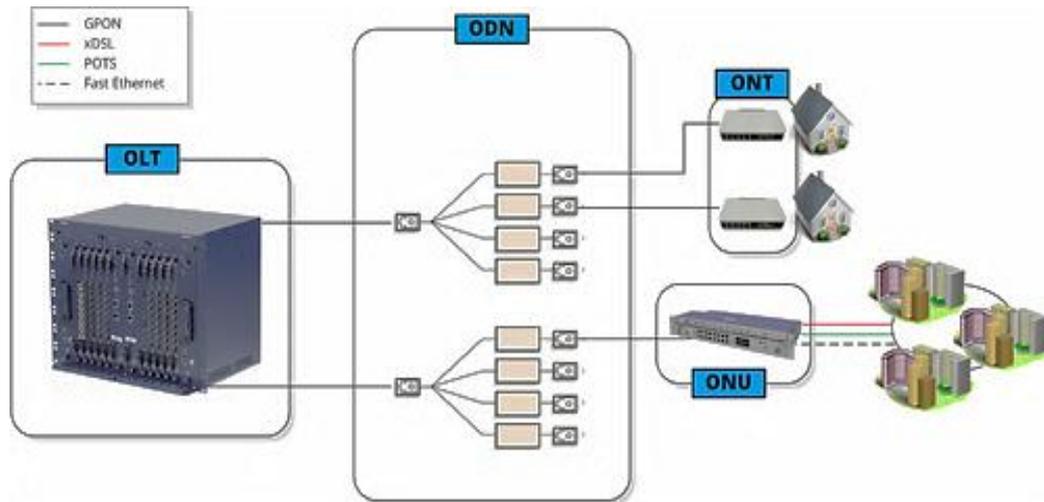


Figura 1.11. Esquema general de los elementos de una ODN  
Fuente: [http://www.telequismo.com/2013/02/gpon-operador.html]

### 1.9.2.1 Splitters

Son elementos ópticos pasivos que a través de una o varias entradas replican por sus salidas, la señal óptica o el impulso luminoso (Figura 2.18). Simultáneamente conforme sea la cantidad de salidas que tenga un splitter, aumenta los niveles de atenuación [20].

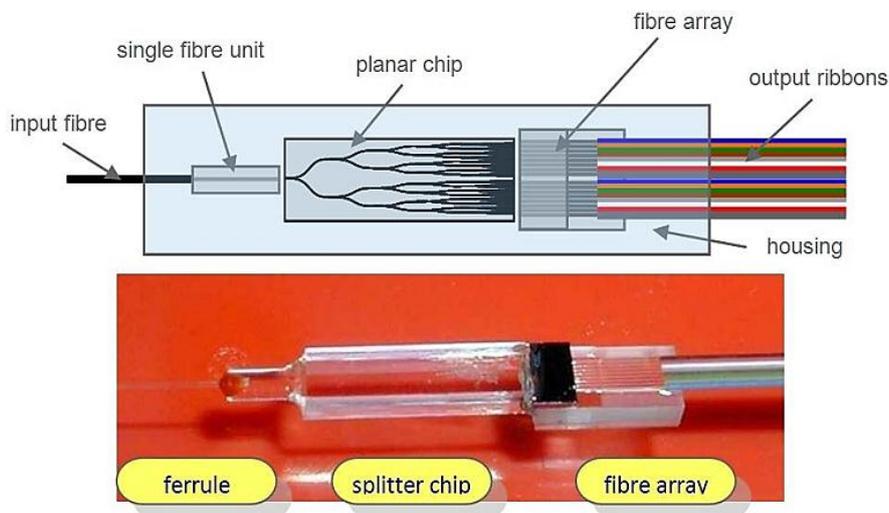


Figura 1.12. Splitter para fibra óptica  
Fuente: [21]

Existen dos tipos de splitter en una ODN para una red GPON las cuales son [20]:

- ✓ Splitter primario, es la etapa en la cual se tiene una ruta de fibra óptica respaldada. Son de tipo  $2 \times n$ , en donde  $n$  es igual a 2, 4, 8, 16, 32.
- ✓ Splitter secundario, es la etapa en la cual no se tiene una ruta de fibra óptica respaldada, y son de tipo  $1 \times n$ , en donde  $n$  es igual a 2, 4, 8, 16, 32, 64.

Según el número de entradas y salidas del splitter, los niveles de atenuación son distintos, a continuación se detallan algunos valores en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Índices de atenuación según el nivel del splitter.

<b>TIPO DE SPLITTER</b>	<b>ATENUACIÓN (dB)</b>
<b>1:2</b>	4,3
<b>1:4</b>	7,6
<b>1:8</b>	11,1
<b>1:16</b>	14,1
<b>1:32</b>	17,5
<b>1:64</b>	20,8
<b>2:4</b>	7,9
<b>2:8</b>	11,5
<b>2:16</b>	14,8
<b>2:32</b>	18,5
<b>2:64</b>	21,3

Fuente: [21]

#### **1.9.2.2 ODFs (Optical Distribution Frame)**

El distribuidor de fibra óptica, es un gabinete metálico que permite la distribución organizada de fibra óptica, permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Dentro del ODF se puede almacenar cierta cantidad de fibra, esto depende del número de vueltas de diferente radio que se dé a la fibra óptica. La entrada de las fibras se realiza por la parte posterior y/o lateral izquierda de la bandeja. El ordenamiento de las fibras y los empalmes se lleva a cabo sobre la unidad organizadora (MDU) [22].

#### **1.9.2.3 Cable FEEDER**

El cable FEEDER o troncal, es un conjunto de fibras ópticas, que interconectan las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para la instalación subterránea en el interior de los conductos o subductos principalmente según sea el caso, también se puede realizar un tendido aéreo pero estos deben estar devanados por un mensajero. Para redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo [22].

#### **1.9.2.4 NAP (Network Access Point)**

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento [22].

### **1.9.3 ONT (Optical Network Terminal)**

Terminal de red óptico, es el equipo que se ubica en el abonado tomando en cuenta una configuración FTTH. El ONT en la ODN, es el punto donde termina la fibra óptica desde el OLT, proporciona la interfaz entre el usuario y los servicios de telecomunicaciones [22].

## **1.10 Infraestructura para tendido de redes de fibra óptica**

### **1.10.1 Herrajes**

Son componentes que permiten fijar el paso de cualquier tipo de cable, existen varias categorías de herrajes según sea el uso. En el caso de fibra óptica se usan dos tipos de herrajes para un tendido aéreo de los cuales existen dos clases

Herrajes herraje tipo A se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, que realiza el paso en un ángulo menor a 180 grados, este tipo de herrajes se colocan en el inicio y fin de trayecto [22].

Herrajes tipo B se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, en línea recta con tramos menores de 90 metros [22].

Herrajes de pozo son kits de accesorios que facilitan el tendido de fibra óptica dentro ductos subterráneos, permiten sujetar el cable a la pared y sostener el peso para facilitar el ordenamiento, la revisión y reparación de la fibra óptica [22].

### **1.10.2 Conectores de Fibra óptica**

Son componentes que permiten la conexión de la fibra óptica con los equipos o dispositivos que poseen la interfaz de fibra óptica. Los cuales se encuentran tanto para interconectar fibras ópticas monomodo y multimodo, estos adaptadores deben cumplir que las pérdidas de inserción sean menores o iguales a 0,4 dB [22].

### **1.10.3 Empalmes**

Corresponde a la fusión óptica y mecánica entre dos tramos de fibra óptica, permitiendo la continuidad de la transmisión entre los tramos fusionados. Las pérdidas por fusión que se dan en los empalmes se consideran en 0.03 y 0.05 dB [22].

- Empalmes por fusión
- Empalmes mecánicos.
- Empalmes por adhesión.

#### **1.10.4 Mangas o mufas**

Son bandejas especiales para alojar los empalmes de fibra óptica, permiten la acumulación de longitudes adicionales de fibra óptica. Las mangas protegen los empalmes ante diferentes condiciones ambientales que se presentan en el lugar de instalación, adicionalmente deben soportar esfuerzos de tracción, compresión, flexión e incluso torsión [23]. Para redes GPON las mangas se usan como un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento [23].

#### **1.10.5 Tapones**

Son materiales que se usan para la protección de fibra óptica ante diferentes aspectos físicos que pueden causar daños [21].

- Tapones trifurcados
- Tapones
- Tapones ciegos o cerrados

### **1.11 Dispositivos de medición**

#### **1.11.1 ODTR (Optical Time Domain Reflect)**

El Optical Time Domain Reflect es un reflectómetro óptico utilizado para evaluar las propiedades de una fibra o de un enlace completo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz a una longitud de onda deseada, para luego medir su “ecos” [14], o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la FO, los resultados del equipo permiten conocer el nivel de señal en función de la distancia. De igual forma se utiliza para medir la distancia a la que se produjo un corte, o la distancia total de un enlace [24].



Figura 1.13. ODTR

Fuente: [<http://www.c3comunicaciones.es/Imagenes/2011/06/iOLM.jpg>]

### 1.11.2 OPM ( Optical Power Meter)

Medidor de potencia óptica son instrumentos para medir potencia óptica, son instrumentos compactos, livianos y fáciles de utilizar para realizar pruebas en la red de fibra óptica, con la característica de medición rápida. La serie OPM de instrumentos de bolsillo puede soportar pruebas exactas de monomodo y multimodo en sistemas de fibra óptica [25].

### 1.11.3 GPON TESTER

El GPON TESTER es un instrumento para certificar la instalación de fibra óptica en el abonado, este se conecta a la roseta del abonado para comprobar el nivel de potencia descendente, y confirmar la no presencia de reflexiones de la señal ascendente. Una vez que los parámetros físicos han sido verificados, GPON-Tester se sincronizará y provisiona los servicios emulando la ONT del usuario específico que se quiere instalar en el abonado [26].

Con respecto al nivel físico de la conexión, la principal ventaja es la facilidad con la que es capaz de detectar reflexiones en la fibra óptica. Esto no puede realizarse con un medidor de potencia, ya que este sólo mide la potencia recibida, pero la que llega a la central desde el abonado puede ser diferente, debido a la direccionalidad de las reflexiones.



Figura 1.14. GPON TESTER  
Fuente: [26]

**CAPÍTULO 2 : DISEÑO DE LA ODN PARA OFERTAR SERVICIOS  
TELECOMUNICACIONES EN EL SECTOR NOROCCIDENTE DE LA CIUDAD DE LOJA**

## 2.1 Introducción

Debido a los numerosos beneficios que brindan las comunicaciones para el desarrollo y crecimiento de la localidad, hoy en día existe un considerable número de usuarios que necesitan y requieren cada uno de los servicios que ofrecen las empresas proveedoras de telecomunicaciones.

El alto índice de demanda residencial y comercial con la necesidad de poseer servicios de telecomunicaciones como telefonía, Internet y televisión digital permite desarrollar la idea de innovar las redes actuales a través del diseño e implementación de una red de fibra óptica FTTH basada en tecnología GPON, en donde exista la convergencia de servicios de telecomunicaciones a través de una misma infraestructura para proveer al usuario un servicio eficiente de alta calidad y a menor costo.

Para la implementación de una red es importante en primer lugar determinar y medir cuáles son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto al servicio existente de telecomunicaciones así como establecer la posibilidad de participación de un nuevo servicio en la satisfacción de la demanda de la ciudad de Loja.

En el presente capítulo se realiza un estudio de mercado en el cual se establecerá el sector delimitado, la cantidad de abonados actuales, una demanda potencial, la demanda total y crecimiento poblacional.

El sector de estudio determinado por la CNT E.P. se lo analiza tomando en cuenta el plano catastral facilitado por el Ilustre Municipio de Loja quien registra la localización y los límites de las propiedades individuales de los hogares de la ciudad. El sector posee varios tipos de predios con diferentes usos, tales como: residenciales (casas o departamentos), comerciales, lotes, instituciones, edificios, talleres y garajes.

Para determinar la demanda existente, la demanda potencial y la demanda total de servicios de telecomunicaciones se recopila información de fuentes primarias que permite mantener contacto directo con el abonado utilizando específicamente encuestas que son aplicadas a cada uno de los hogares, locales, edificios, talleres, lotes, construcciones, instituciones públicas y privadas existentes en los predios establecidos en el plano, así mismo, se realizó llamadas a los diferentes abonados del sector que no son encuestados personalmente y que se encuentran registrados en la empresa con el fin de aplicar la encuesta y cubrir el total de la muestra establecida. Al finalizar la aplicación de encuestas, se procede a registrar cada encuesta en una hoja de cálculo Excel para que la información sea tabulada y analizada en el programa estadístico SPSS.

Para el análisis del crecimiento poblacional se requiere de algunos indicadores como la cantidad de abonados actuales, la demanda potencial, tasa de crecimiento y tiempo de vida útil del proyecto.

## 2.2 Estudio de la demanda

Para determinar el estudio de los abonados actuales y la demanda proyectada primeramente se procede a aplicar encuestas para obtener el número total de abonados e identificar el número total de predios que se encuentran dentro de la zona de diseño de la red ODN, con el fin de establecer solo los predios válidos que son considerados dentro del diseño una vez finalizada la fase de encuestas.

Al obtener el número total de encuestas se procede a identificar los predios válidos siempre y cuando la encuesta haya sido contestada de forma afirmativa por el abonado, en caso de no haber aplicado la encuesta al dueño del predio se opta por determinar si el inmueble que se encuentra en óptimas condiciones para que sea tomado en cuenta dentro del diseño de la ODN.

### 2.2.1 Encuesta

A continuación se presentan la importancia que tiene cada una de las preguntas para realizar el diseño de la red tomando en cuenta aspectos que engloban a la oferta, demanda, precios y proveedores. El formato de encuesta que se establece para realizar el presente proyecto se encuentra detallado en el Anexo 1.

Tabla 2.1. Preguntas de la encuesta.

PREGUNTA		IMPORTANCIA
<b>1. El abonado o usuario es de tipo</b> 1. Residencial 2. Comercial 3. Residencial y Comercial 4. Construcción 5. Lote 6. Garaje 7. Taller 8. Instituciones públicas y privadas		Esta pregunta ayuda a identificar el tipo de predio que se considera para el diseño de la red, y así mismo aquellos predios que no son considerados en cuenta debido a que no prestan óptimas condiciones como lotes, garaje, taller y construcciones abandonadas; a estos lugares se aplicó la encuesta considerándola como encuesta no válida dentro del diseño.
<b>2. En caso de ser residencial ¿Cuántas personas habitan en su domicilio?</b>		Es una pregunta informativa que ayuda a conocer cuántos usuarios poseen acceso a estos servicios en el inmueble encuestado.
≥ 18	< 18	
<b>3. ¿Qué tipo de servicios actualmente tiene contratado?</b>		Esta pregunta determina los servicios de telecomunicaciones actuales con los que

Telefonía Fija 1. Si 2. No	Internet 1. Si 2. No	Televisión Digital 1. Si 2. No	cuentan el abonado del inmueble encuestado.
<b>4. ¿Cuál o cuáles son los proveedores con los que tiene contratados los servicios?</b>			Esta pregunta brinda información relevante acerca de cuántos clientes tiene cada una de las empresas que operan dentro de la ciudad.
Telefonía Fija	Internet	Televisión Digital	
<b>5. Especifique ¿El costo de los servicios que tiene actualmente contratado?</b>			Esta pregunta da a conocer los costos que cancelan los abonados por cada servicio dependiendo de la empresa proveedora con la que tiene contratado el servicio.
Telefonía Fija	Internet	Televisión Digital	
<b>6. En caso de contar con un servicio contratado de la CNT, especifique los siguientes datos</b>			La siguiente no entra en proceso de tabulación pero sin embargo es muy importante ya que ayuda a identificar el número telefónico que se encuentra en cada predio. Esta pregunta solo es contestada en caso de que haya sido afirmativa la pregunta 3 en la opción telefonía fija.
numero	Nombre del abonado		
<b>7. ¿Qué tipo de servicios, usted estaría dispuesto a contratar?</b> 1. Telefonía Fija 2. Internet 3. Televisión Digital 4. Telefonía Fija e Internet 5. Telefonía Fija y TV Digital 6. Internet y TV Digital 7. Telefonía Fija, Internet y TV Digital 8. Ninguno			Esta pregunta identifica a los abonados que consideran contratar servicio de telecomunicaciones con la CNT E.P.
<b>8. El precio que estaría dispuesto a pagar, por los servicios que desearía contratar.</b>			En la siguiente el abonado detalla cual es costo que cancelaria por los servicios que desea contratar con la CNT E.P
Telefonía Fija	Internet	Televisión Digital	
<b>9. En caso de ser tipo comercial ¿Qué tipo de servicios es más conveniente para su negocio?</b> 1. Telefonía Fija 2. Internet 3. Televisión Digital 4. Telefonía Fija e Internet 5. Telefonía Fija y TV Digital 6. Internet y TV Digital 7. Telefonía Fija, Internet y TV Digital 8. Ninguno			Identifica que servicios que son requeridos por los locales y empresas.



Tabla 2.2. Demanda total existente de servicios de telecomunicaciones.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Fuente: [Propia]

La única empresa proveedora del servicio de telefonía fija e inalámbrica CDMA 450 es la empresa CNT E.P., ya que posee el 100% de demanda existente en la zona de estudio (Figura 2.1.).

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Figura 2.1. Demanda existente de telefonía fija e inalámbrica.  
Fuente: [Propia]

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Figura 2.2. Demanda existente del servicio de Internet.  
Fuente: [Propia]

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Figura 2.3. Demanda existente del servicio de TV pagada.  
Fuente: [Propia]

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

### **2.2.3 Demanda Potencial**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

### **2.2.4 Demanda total**

Determinado los abonados actuales de CNT.E.P. y la demanda potencial, se contabiliza el total de abonados, en la Tabla 2.3. Se muestra el total de la demanda que se utiliza para realizar el diseño de la red ODN.

Tabla 2.3. Demanda total de abonados

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Fuente: [Propia]

### 2.2.5 Crecimiento de la demanda

Por requerimientos de la CNT E.P y basados a que generalmente los equipos ópticos son diseñados para un uso superior a 10 años y que la actualización de la red es mucho más sencilla ya que no es necesario cambiar el cable de fibra óptica para conseguir velocidades superiores [27], Se considera que la vida útil de la ODN será de 10 años, y la tasa de crecimiento de la población de la ciudad de Loja es de 1,1%<sup>1</sup>, se realiza el cálculo del crecimiento poblacional con la siguiente formula [28]:

$$D(t) = Do(1 + i)^t \quad (\text{Ecuación 1})$$

*D(t) = demanda potencial en el tiempo*

*Do = demanda actual*

*i = tasa de crecimiento*

*t = tiempo*

Se sabe, de lo analizado anteriormente que:

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

<sup>1</sup> Según la tasa de crecimiento de población Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INECC)

El resultado obtenido anteriormente es el total de abonados a cubrirse un período de 10 años ya que es la vida útil del proyecto (Figura 2.4.).

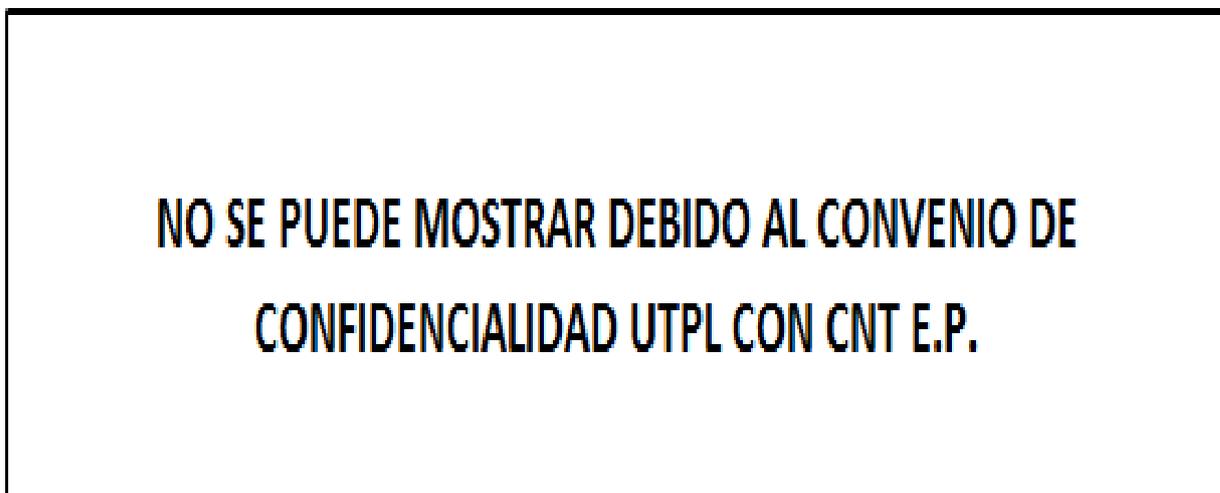


Figura 2.4. Proyección de crecimiento anual de abonados.  
Fuente: [Propia]

### **2.3 Normas Técnicas para diseño de la ODN**

Para el diseño de la ODN se utiliza las siguientes normas otorgadas por la CNT E.P., las cuales se detallan a continuación:

- ✓ “Norma de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica”, actualización julio 2011.
- ✓ “Normas de Diseño, Construcción y Fiscalización de la ODN, parte 1: normas de diseño de la ODN”, actualización julio del 2013
- ✓ “Normativa técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica“. Actualización Enero del 2014.

Estas normas especifican las características técnicas necesarias para el acceso FTTH, con tecnologías GPON (detalladas en el capítulo 2), sin embargo, estas normas no especifican varios aspectos, como el acceso de canalización y diseño de planta externa, que al momento de diseñar la ODN son necesarios conocer, algunos de estos aspectos se detallan en las siguientes Normas, así mismo estas son otorgadas por CNT E.P.:

- ✓ “Normativa de Diseño y Construcción de Planta Externa”.
- ✓ “Norma Técnica para Construcción de Canalización Telefónica”.

Estas normas especifican las características y recomendaciones que se toman en cuenta al momento de diseñar la ODN, esto corresponde a la obra civil que se proyecta.

Finalmente luego de la revisión de las normas anteriores, se usa el software AUTOCAD para realizar la planificación de la ODN, para la correcta planificación se usa las siguientes normas:

- ✓ Norma Técnica para dibujo geo referenciadas de Redes de Planta Externa: Canalización, Redes Telefónicas de cobre, Enlaces de Fibra Óptica y Redes GPON/FTTH.
- ✓ Simbología Normativa de Dibujo, archivo de AutoCAD, última actualización julio 2013.

## 2.4 Arquitectura de red GPON.

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto, o punto a multipunto. Se dispone de arquitecturas que utilizan fibra óptica hasta el hogar (FTTH, fiber to the home), pasando por la fibra hasta el edificio/acometida (FTTB/C, fiber to the building/curb), hasta el armario (FTTCab, fiber to the cabinet) [21].

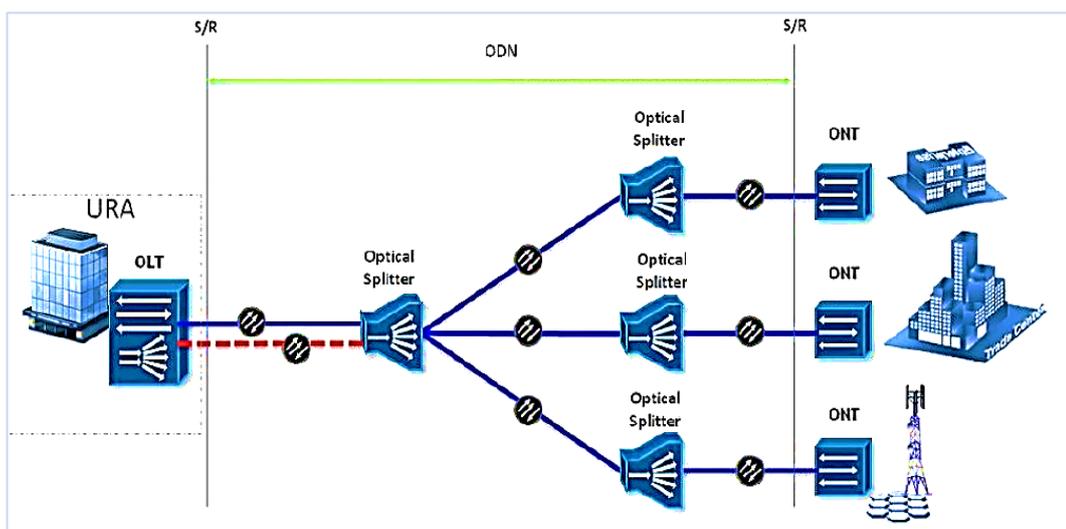


Figura 2.5. Arquitectura de una Red GPON.  
Fuente: [21]

La red GPON se describe como una red flexible de acceso con fibra óptica, capaz de soportar requisitos de amplitud de servicios comerciales y corporativos, con tasas nominales de dirección *downstream* de 2.4 Gbits y *upstream* de 1,2 Gbits. Tienen costo efectivo menor que las redes punto a punto y permite atender mayor cantidad de demandas por servicios [21].

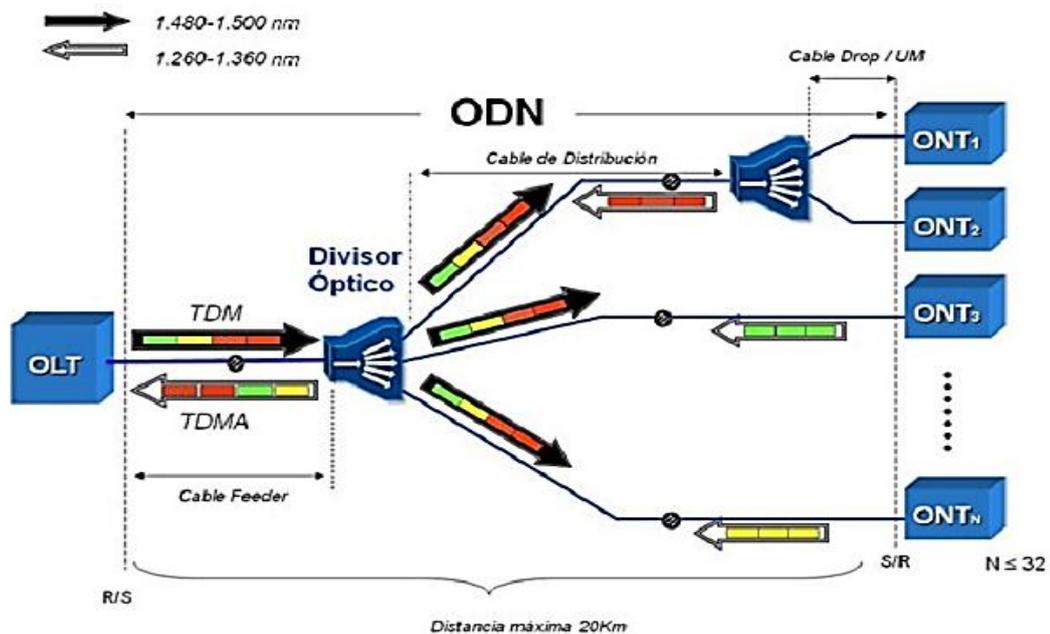


Figura 2.6. Arquitectura de una Red GPON.  
Fuente: [21]

## 2.5 Modelos de GPON de CNT E.P.

CNT E.P. tiene definido modelos diseñados con el fin de cubrir las diferentes infraestructuras que pueden estar disponibles en el despliegue de los servicios con Fibra Óptica. Cada modelo diferencia las diferentes etapas de diseño para el ingreso de Fibra Óptica desde el OLT hasta el ONT, se diferencian por: el tipo de fibra óptica utilizada, el nivel de splitter que se usa, las pérdidas por atenuación, la infraestructura de las cajas ópticas de distribución; en algunos caso se usa 2 niveles de splitter. A continuación se detallan algunas de los modelos de CNT.EP:

- ✓ Modelos Masivos/Casas
- ✓ 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

El modelo que se utiliza para la ODN en el sector noroccidentes de la ciudad de Loja es el Masivos/Casas el cual consiste principalmente en un Terminal de Línea Óptico (OLT) situado en una Oficina Central (CO) interconectado por una Red de Distribución Óptica (ODN) a un nodo o un Terminal de Red Óptico (ONT) (Figura 2.7).

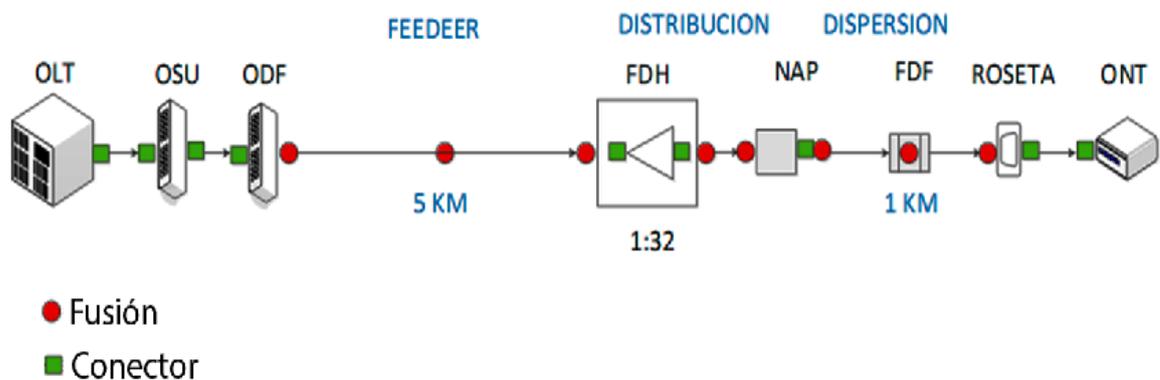


Figura 2.7. Modelo Masivos/Casas  
Fuente: [22]

## 2.6 Link Budget para accesos GPON

Para garantizar que los servicios prestados mediante fibra óptica sean fiables, se necesita un balance de enlace que considere todos los elementos que afectan a la propagación de la señal.

Se considera la longitud total de la ODN, a la suma del Feeder + Distribución + Cable drop, para el cálculo del link Budget se usa los siguientes valores teóricos mencionados en las recomendaciones UIT 984.x [21]:

- ✓ Longitud de onda Downstream: 1490 nm.
- ✓ Longitud de onda Upstream 1310 nm.
- ✓ Perdida Promedio Downstream por kilómetro de F.O: 0,25 dB.
- ✓ Perdida Promedio Upstream por kilómetro de F.O: 0,35 dB.

Para los valores de transmisión y recepción deben cumplir en rangos tanto para el OLT como para el equipo terminal del usuario el ONT.

Tabla 2.4. Potencias de transmisión y recepción del OLT y ONT.

PARAMETROS	OLT	ONT
<b>Potencia mínima de transmisión</b>	1.5 dBm.	0.5 dBm
<b>Potencia máxima de transmisión</b>	5 dBm	5 dBm
<b>Potencia mínima de recepción</b>	-28 dBm	-28 dBm
<b>Potencia máxima de recepción</b>	-8dBm	-8dBm

Fuente: [21]

Tabla 2.5. Perdidas adicionales en la ODN

Valores adicionales para diseño	
Atenuación por Splitter	17.5 dB a 1:32
Perdidas por Inserción, Mangas	0.3 dB
Perdidas por Inserción, Conectores	0.5 dB
Perdidas por Inserción, ODF	0.5 dB
Fusión por Cable	0.3 dB
Margen de resguardo	3 dB
Atenuación máxima para la ODN	28 dB

Fuente: [21]

La degradación de la señal que se transmite dentro de la ODN se obtiene mediante un cálculo denominado Link Budget, el cual valida que el diseño cumpla con las especificaciones de las normas de diseño. A continuación se presenta la fórmula para el cálculo de atenuación planteados por CNT E.P [20].

$$a_T = (a_{fd} * l_{fd}) + (a_F * n_F) + (a_C * n_C) + (a_{FO} * L) + (a_S * n_S) + (a_{odf}) + (a_{drop} * l_{drop})$$

(Ecuación 2)

Dónde:

$a_T$  = atenuación total

$a_F$  = atenuación por fusión

$n_F$  = número de fusiones

$a_C$  = atenuación por conectores

$n_C$  = número de conectores

$a_{FO}$  = atenuación en fibra óptica FEEDER

$L$  = longitud del cable de fibra óptica FEEDER

$a_S$  = atenuación splitter

$n_S$  = número de splitter

$a_{fd}$  = atenuación fibra óptica distribución

$l_{fd}$  = longitud de fibra óptica distribución

$a_{odf}$  = atenuación en el ODF

$a_{drop}$  = atenuación fibra óptica drop

$l_{drop}$  = longitud de fibra óptica drop

## 2.7 Diseño de la ODN

Para el diseño de la ODN se inicia con el análisis de la demanda realizada anteriormente, de tal manera de resguardar que el diseño sea capaz de soportar los requerimientos del crecimiento de los abonados por año (Figura 2.5). Por lo que se considera dividir en siete procesos, los cuales son:

- ✓ Proceso 1: Identificación de la infraestructura existente.
- ✓ Proceso 2: Diseño de la Red de Dispersión.
- ✓ Proceso 3: Diseño de la Red de Distribución
- ✓ Proceso 4: Diseño de la Red troncal FEEDER.
- ✓ Proceso 5: Diseño de la Canalización.
- ✓ Proceso 6: Diagrama esquemático de la ODN.
- ✓ Proceso 7: Calculo de link Budget Teórico.

De acuerdo a la Normativa técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica de la CNT E.P., los cables de fibra óptica que se utilizan para la red troncal FEEDER y la red de distribución deben cumplir la Norma ITU-T G.652D y los cables para la red de dispersión a utilizar deben cumplir la Norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2, la capacidad de hilos de fibra óptica para las diferentes redes se detallan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.6. Capacidad de los cables de fibra óptica para la ODN

CAPACIDAD DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA		
APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288, 144 hilos.	ADSS (G.652D)
DISTRIBUCIÓN	96, 72, 48, 24, 12 hilos.	ADSS (G.652D)
DISPERSIÓN	2 hilos.	ADSS o FIG. 8 (G.657.A1 o G.657.A2)

Fuente: [22]

### 2.7.1 Identificación de la infraestructura existente

Para realizar la planificación para el diseño de la red ODN, primeramente se parte con la recopilación de la siguiente información:

- ✓ Se adquirió mediante el Ilustre Municipio de Loja un plano geo referenciado del área de desplazamiento donde incluye: lotizaciones; quebradas; nombre de calles; postería existente, para posteriormente
- ✓ Realizar un levantamiento de información (en caso de no existir), o realizar una recopilación de los datos sobre la infraestructura existente respecto a obra civil.

Para iniciar con la recopilación de la infraestructura existente se parte con la identificación del OLT existente perteneciente a CNT E.P. ubicado en el edificio administrativo en el centro de la ciudad de Loja, en las calles José Antonio Eguiguren entre Bernardo Valdivieso y José Joaquín Olmedo (Figura 2.8).



Figura 2.8. Ubicación del OLT de CNT E.P.

Fuente: [Propia]

Una vez identificada la posición de la central en donde se encuentra ubicada la OLT, se procede a identificar los tramos donde se tiene canalización telefónica existente la cual va ser utilizada posteriormente para realizar la ubicación de la red ODN.

El trayecto de canalización existente va hacia el norte de la ciudad desde la central de la CNT E.P. por la calle Bernardo Valdivieso siguiendo por la Av. Emiliano Ortega hasta llegar a la Puerta de la ciudad, de ahí continua por la Av. Gran Colombia, calle Guayaquil y Av. Universitaria; también existe canalización dentro de la zona de diseño que va por la calle Ibarra, calle Manuel Vivanco y Ramón Burneo; en la actualidad esta infraestructura se utiliza para el paso de la red primaria y red secundaria de la red de cobre de CNT E.P.

La postiería ubicada en la zona de diseño se encuentra en óptimas condiciones para ser utilizados en la red de distribución de la ODN. Actualmente es utilizada para alumbrado público y así mismo para el paso de la red de dispersión de cobre de CNT E.P. En la zona de la Av. Gran Colombia se observa que existe un considerable número de cables de cobre en los postes ocasionando una molestia en población que habitan en esa parte de la ciudad de Loja. Toda la planimetría de la infraestructura existente (realizada en el software AutoCAD), usada para el diseño de la ODN, se encuentra disponible en el Anexo 6.

## 2.7.2 Diseño de la Red de Dispersión

De acuerdo Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa de Fibra Óptica la red de dispersión se define como el área de influencia de una caja de distribución óptica (NAP, FDF o manga) [22].

Al diseño de la red de dispersión se considera una distancia máxima de 300 metros [22]. No debe cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometida aéreos, en este caso se deberá instalar una NAP al otro de la vía principal. Cuando se ingresa el levantamiento de información y los elementos de planta externa a la planimetría georeferenciada, se dibuja los perímetros de las áreas de dispersión definidas por la NAP que se ubica este elemento en poste, pared o pozo [22].

Para realizar la planimetría de la red de dispersión se identifica la simbología utilizada en el diseño de acuerdo a las Normas de Dibujo otorgadas por la CNT E.P. Los símbolos que se emplean en el diseño de la ODN se procede a ingresarlos en el software AutoCAD donde previamente se tiene un mapa del sector delimitado con sus respectivos predios, se considera colocar una ONT por abonado, en el caso que en un predio el número de abonados es mayor a 4 se empleó un símbolo que es correspondiente a edificios (Figura 2.9).

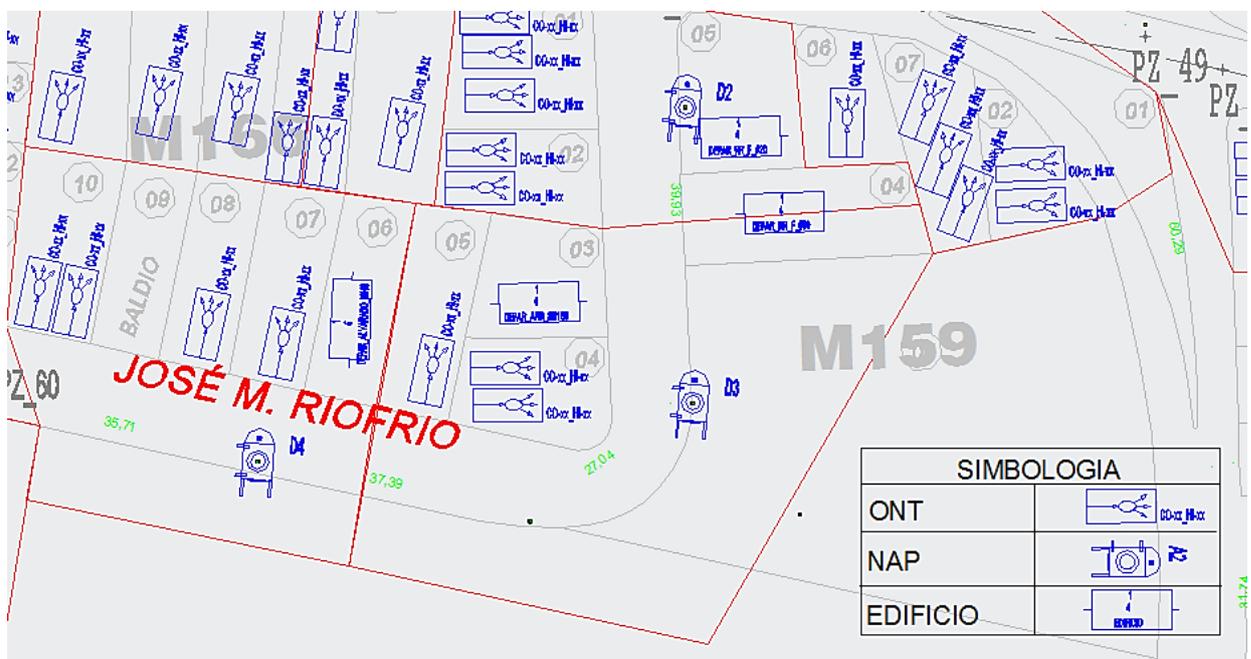


Figura 2.9. Ejemplo sobre desplazamiento de las ONT en el plano catastral en el software AutoCAD  
Fuente: [Propia]

Para delimitar el área de dispersión de una NAP se utiliza la capacidad de puertos y la distancia máxima de cobertura, la capacidad máxima de puertos disponibles de una NAP es 12 puertos y la distancia máxima es 300 metros [22]. Se considera dejar puertos disponibles ya sea para el mantenimiento o el acceso de nuevos abonados. Para calcular la cantidad de abonados a servirse en una caja óptica se utiliza un modelo matemático de una red de cobre que permite conocer el factor de utilización de cada una de las NAPs, por tanto la cantidad de abonados a servirse en una NAP, la cual conformaría el área de dispersión, viene dada por la expresión [28]:

$$Ad(t) = f_u(t) * \frac{M}{C} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

$Ad(t)$  = área de dispersión en el tiempo

$f_u(t)$  = factor de utilización variando en función del tiempo

$M$  = capacidad de pares en caja de dispersión

$C$  = índice económico correspondiente a la capacidad adquisitiva

Una estimación para diferentes casos del valor C se detalla en la Tabla 2.6.

Tabla 2.7. Índice económico

Ingreso mensual PER-CAPITAL	C	Sectores
0 a 300 dólares americanos	0.2	Periferias poblaciones pequeñas
300 a 600 dólares americanos	0.5	Poblaciones pequeñas
600 a 3000 dólares americanos	1	Sectores de nivel medio
3000 dólares en adelante	1.5	Sectores de nivel medio-alto

Fuente: [28]

Para el cálculo del factor de utilización que varía en el tiempo se usa la siguiente expresión [28].

$$f_u(t) = \frac{f_o(t)}{(1+i)^{t_a}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde

$f_o(t)$  = factor de arranque

$t_a$  = tiempo de proyección

$i$  = índice de crecimiento

La zona de utilización es la suma de las zonas de arranque y de crecimiento que tiene por techo un factor de utilización  $f_u(t)$ , para el diseño se considera por norma de planta externa que mientras mayor es el índice de crecimiento  $i$ , menor será el factor de arranque  $f_o$  de tal manera de crecer velozmente hasta un  $f_u(t)$ .

Para este caso el diseño el índice de crecimiento de la ciudad de Loja es de 1.1% y por lo tanto el factor de arranque  $f_o$  será igual a 0,8 como se muestra en la Figura 2.10. La cual describe el factor de arranque en función al índice de crecimiento  $i$ .

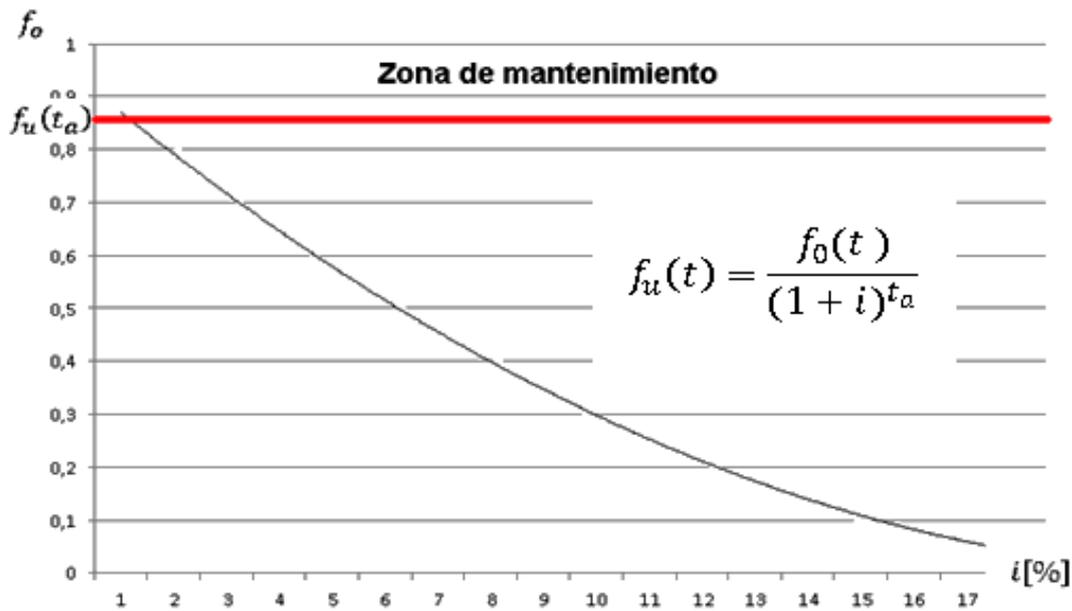


Figura 2.10. Factor de arranque en función al índice de crecimiento  
Fuente: [28]

Una vez conocido el valor a usar como factor de arranque, el índice de crecimiento y una proyección de la red a 10 años se proceden a reemplazar los valores para obtener el valor total del factor de utilización en función del tiempo:

$$f_u(t) = \frac{0,8}{(1 + 0,011)^{10}} = 0,7171$$

De esta manera se cumple, que no se invade la zona de mantenimiento en un periodo de 10 años como se muestra en la Figura 2.11.

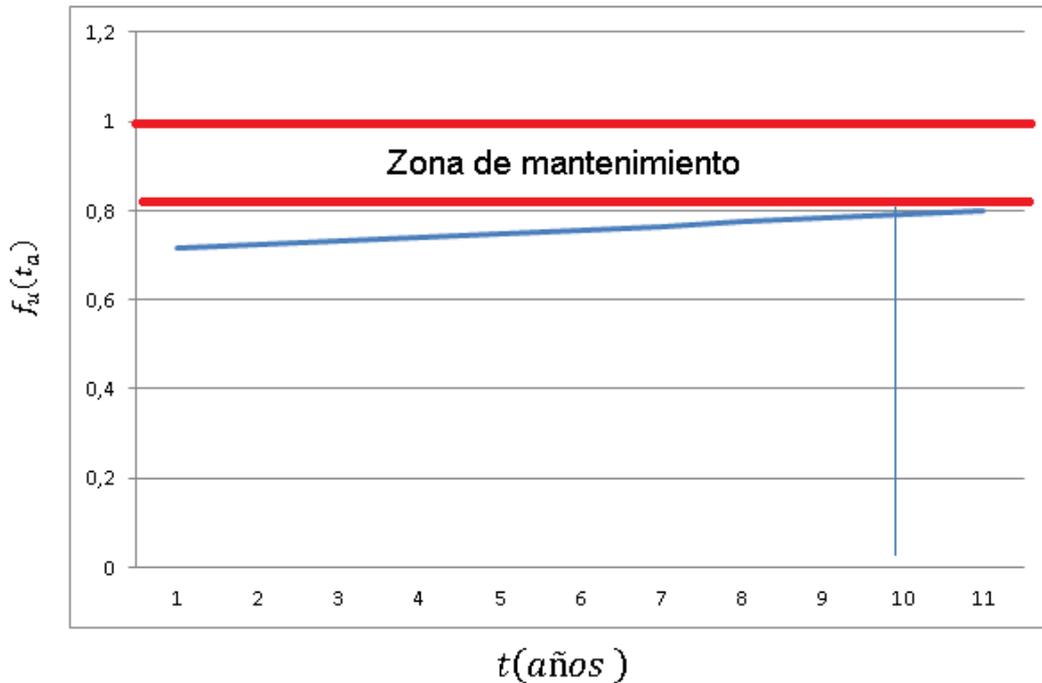


Figura 2.11. Factor de arranque en función al índice de crecimiento  
Fuente: [Propia]

Una caja de distribución óptica tiene la capacidad máxima de soportar 12 abonados, por tanto el área de dispersión en el año 0 debe partir en un total de:

$$A_d(t) = f_u(t) * \frac{M}{C} = 0,6427 * \frac{12}{1} = 8,60 \cong 9 \text{ abonados por caja optica de dispersión}$$

Ya calculado la capacidad de abonados a servirse por NAP se utiliza 9 puertos para en uso y 3 puertos para su posterior uso, posteriormente se procede a crear un límite de dispersión de tal manera de ubicar la mejor posición tratando de cubrir a los abonados y evitar que el presupuesto óptico sea distinto para cada usuario.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Toda la planimetría realizada en el software AutoCAD sobre el diseño de la red de dispersión se encuentra en el Anexo 3.

### 2.7.3 Diseño de la Red de Distribución

Al iniciar con el diseño de la red de distribución, cada armario FDH disponible para el desplazamiento de la ODN tiene la capacidad de soportar un total de 288 puertos PON, y cada caja de distribución óptica tiene la capacidad de soportar un total de 12 abonados, por lo tanto por cada 24 cajas de distribución óptica se necesita la colocación de 1 armario FDH.

Para realizar la agrupación del área de distribución de un armario, existen varios aspectos a considerar tal como son:

- ✓ Calles de alto tránsito vehicular
- ✓ Revisión de la canalización existente
- ✓ Revisión de la postería existente
- ✓ La proyección de los armarios debe estar colocada de manera que se encuentre lo más cercano al centro de distribución.
- ✓ Inspección previa del sector donde se ubicará el armario FTTH.

Para el diseño del cableado de distribución de las cajas ópticas, se usa un máximo de cables de 12, 24, 48, 72, 96 hilos de fibra óptica ya que estos son los disponibles para la construcción de una red GPON, para comenzar con el desplazamiento del cable de la red de distribución se ubica las cajas más lejanas en cada área de distribución y posteriormente se realiza una ruta la cual conecta con las cajas continuas hasta llegar al armario FDH.

Para realizar la conexión desde el armario hasta las cajas ópticas de distribución existen varios aspectos a considerar, tales son:

- ✓ La canalización existente
- ✓ Que el tendido de los cables no crucen por vías de alto tránsito vehicular
- ✓ La disponibilidad de la postería eléctrica
- ✓ El tendido de los cables no crucen edificaciones, construcciones, o terrenos.

Ya considerando los aspectos anteriores se obtiene un total de 21 áreas de distribución dando un total de 21 armarios FDH con capacidad de soportar cada uno 24 NAPs, los cuales son distribuidos en toda la zona de cobertura de la red. A demás se utiliza tendido de cable ADSS G.652D de 12, 24, 48 y 96 hilos hacia las cajas ópticas, durante el tendido de cable se emplean mangas de fibra óptica de 24, 48 y 96 hilos; de igual forma también se usa un tipo de fusión en forma de manga de fibra óptica en las NAPs, ya que tiene la posibilidad de dos salidas de fibra óptica.

Toda la planimetría realizada en el software AutoCAD sobre la red de distribución se encuentra en el Anexo 4.



Figura 2.12. Ejemplo sobre la red de distribución realizada en el software AutoCAD  
Fuente: [Propia]

#### 2.7.4 Diseño de la Red Troncal FEEDER

Para realizar la Red Troncal FEEDER se toma en cuenta que está sujeta a sus respectiva herrajería ya sea el tendido aéreo o subterráneo, empalmes, armarios de conexión óptica y las reservas correspondientes.

Para el diseño de la Red Troncal FEEDER se considera la ruta óptima para el tendido del cable que va desde la central donde se encuentra la OLT hacia los armarios FDH, para ello se aprovecha la canalización telefónica existente y la proyección de canalización en tramos donde no exista infraestructura para el paso del cable FEEDER

Para conectar un armario FDH se necesita 9 hilos de fibra óptica del cable FEEDER pero debido a que no existe un cable de fibra óptica disponible de 9 hilos se desplaza un total de 12 hilos para cada armario FDH. Para el dimensionamiento de la red FEEDER se toma en cuenta que un cable de fibra óptica que se conecta a la OLT es de 288 hilos y tiene disponible 24 buffers.

Tabla 2.8. Buffers del cable FEEDER

HILOS DE F. O.	1:288 HILOS	
1...12		<b>MASIVOS</b>
13..24		
25...36		
37...48		
49..60		
61...72		
:		
:		
276...288		

Fuente: [CNT E.P.]

Para cubrir la demanda total registrada en el sector de diseño de la ODN, se necesita un total de 2 troncales FEEDER, los cuales parten desde la central hacia los armarios de distribución, lo cual se necesita un total de 6 mangas subterráneas por cada troncal con el fin de satisfacer la distribución hacia los armarios FDH.

La troncal FEEDER 1 se desplaza para dar cobertura al sector delimitado entre la Av. Cuxibamba y la Av. Manuel Carrión Pinzano, que corresponde a los armarios FDH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 21.

La troncal FEEDER 2 se desplaza para dar cobertura al sector de la Gran Colombia, el Valle, y la urbanización la Cuadra, que corresponde a los armarios FDH 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20.

Toda la planimetría realizada en el software AutoCAD sobre el tendido de la Red Troncal FEEDER para la ODN se encuentra en el Anexo 5.

### 2.7.5 Diseño de canalización para fibra óptica

Es todo el conjunto de elementos de infraestructura civil que son ubicados bajo la superficie del terreno, que permite el alojamiento y protección de cables y otros elementos que forman parte de la red de telecomunicaciones. Se compone de dos elementos: la ductería (conjunto de ductos) o canalización propiamente dicha y pozos de revisión (cámaras telefónicas), donde se aloja y protege los cables de red primaria, secundaria y de fibra óptica [29].

El diseño de canalización de la ODN se lo realiza en tres etapas:

- ✓ La primera etapa: Consta del levantamiento geo referenciado y recopilación de la canalización telefónica existente, incluyendo las subidas a poste y disponibilidad de los ductos.
- ✓ La segunda etapa: Consta de la proyección de la ruta subterránea óptima para el acceso a los armarios de FDH, cada tramo proyectado consta de 4 vías más triducto (Figura 2.13), adicionalmente la proyección de pozos de revisión de 48 bloques y 80 bloques para los pozos que interconectan con los armarios FDH.

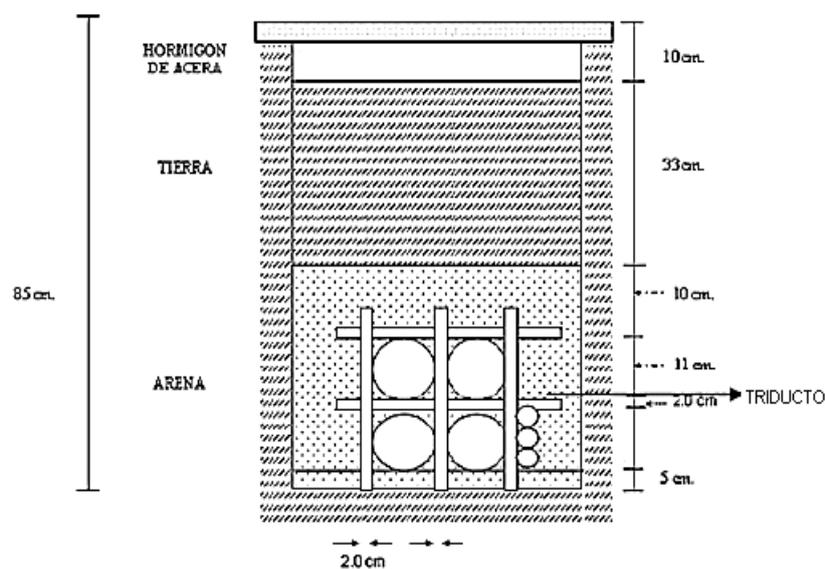


Figura 2.13. Esquema de canalización de 4 vías más triducto  
Fuente: [29]

- ✓ La tercera etapa: Consta de la proyección de las subidas a poste, considerando la infraestructura existente y la proyección de las mismas de tal manera de optimizar el acceso de la red de distribución. En algunos casos se proyecta directamente del pozo de revisión más cercano al poste, o de igual forma se proyecta pozos de mano, los cuales se realizan de dos vías más triducto, en algunos casos se ha colocado pozos de mano en subidas a poste que cruzan las vías de acceso vehicular.

Para el diseño realizado se considera la configuración del número de vías proyectado y la profundidad de los pozos que se detallan en la Figura 2.14.

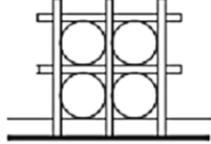
NÚMERO DE VÍAS	ANCHO DE LA ZANJA "b" (m.)		PROFUNDIDAD DE LA ZANJA "h" (m.)	
	ACERA	CALZADA	ACERA	CALZADA
	0.40	0.40	0.70	1.00
	0.50	0.50	0.85	1.10

Figura 2.14. Configuración de Vías de canalización telefónica.  
Fuente: [29]

El punto más crítico de la canalización telefónica proyectada es el cruce de una quebrada ubicada en la calles Cuenca y Santa Rosa, por ello se considera según norma de canalización telefónica, que los cruces a través de puentes proyectados y/o en construcción se diseñarán o ejecutarán aprovechando la construcción de la estructura, utilizando las veredas del puente para empotrar la tubería PVC o de hierro galvanizado [29].

Toda la planimetría de la canalización existente y proyectada realizada en el software AutoCAD se encuentra en el Anexo 6.

### 2.7.6 Diagrama esquemático de la red ODN proyectada

El diagrama esquemático es un plano en el cual se muestra los elementos de las distintas redes proyectadas que contiene las respectivas conexiones lógicas. El diagrama esquemático de la ODN en el sector de diseño indica toda la simbología que es utilizada para la identificación de cada uno de los elementos que conforman las redes de distribución y la red troncal FEEDER 1 y 2 diseñada con el objetivo de mostrar de forma sencilla y clara toda la distribución que se encuentra dentro de la ODN.

Toda la planimetría realizada en el software AutoCAD sobre los diagramas esquemáticos se encuentra en el Anexo 7.

### 2.7.7 Link Budget diseño ODN

Para complementar con el diseño de la ODN, se realiza un cálculo sobre los valores de atenuación de que se esperan obtener, ya sea por atenuación o pérdida de la señal, tal como se muestra en la Tabla 2.4.

Los cálculos realizan en base al modelo Modelo Masivo/Casa, con una etapa de modularidad de Splitter de 1:32, se considera el caso de la caja óptica de distribución más lejana, y que posea mayor cantidad de empalmes para realizar el cálculo de Link Budget, y así mismo el caso en donde la caja óptica se encuentre más cercana a la OLT y presente la mayor cantidad de empalmes.

El abonado más lejano se identifica por mayor distancia que existe desde la central donde se encuentra la OLT hasta el equipo terminal ONT, en este caso la ubicación del distrito más lejano es el armario 21 de la troncal FEEDER 1, y la caja óptica más alejada es la FT01\_21\_D1, todo este trayecto que va desde la OLT hasta la caja óptica posee un total de tres empalmes y la distancia para el cálculo desde la caja óptica hacia la ONT es de 100 metros. En la Tabla 2.8 se presenta el cálculo de la atenuación total para el abonado más lejano.

Tabla 2.9. Cálculo de atención total para el usuario más lejano.

ATENUACIÓN TOTAL		
		ATENUACIÓN (dB)
Distancia de OLT a Armario FDH (Km)	2,7024	0,946
Distancia de Armario a Caja Óptica (Km)	0,371	0,130
Distancia de Caja Óptica a ONT (Km)	0,1	0,035
Empalmes	4	1,200
ODF	1	0,500
SPLITTER 1:32	1	17,500
Conectores	9	2,700
Fusiones de cable	7	2,100
<b>TOTAL</b>		<b>25,111</b>

Fuente: [Propia]

Para estimar el link Budget total se utiliza la potencia máxima de transmisión de la OLT, los resultados del link Budget se realizan a continuación:

$$Link\ Budget = P_{tx-OLT} - a_T \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

$P_{tx-OLT}$  = Potencia máxima de transmisión de la OLT

$a_T$  = Atenuación total

Por tanto:

$$\text{Link Budget} = 5 \text{ dBm} - 25,11 \text{ dB} = -20,11 \text{ dBm}$$

El resultado del link Budget obtenido del abonado más alejado de la OLT se encuentra dentro del límite permitido que va desde los - 8 dBm hasta los -28 dBm, y se cumple con el margen de resguardo de 3 dB detallados la Norma de diseño, construcción y fiscalización de la ODN de la CNT E.P.

Finalmente se procede a identificar al abonado más cercano al OLT en este caso se encuentra en el distrito 7 que pertenece al cable FEEDER 2 y la caja óptica es la FT02\_07\_D4 que es la más cercana al armario FDH, en todo el trayecto se tiene un total de 2 empalmes desde la OLT hasta la caja óptica, así mismo se considera la distancia de 100 metros que va desde la caja óptica hasta la ONT. En la Tabla 2.9 se presenta los cálculos de la atenuación total para el abonado más cercano.

Tabla 2.10. Cálculo de atenuación total para el abonado más cercano.

<b>ATENUACION TOTAL</b>		
		<b>ATENUACIÓN (dB)</b>
<b>Distancia de OLT a Armario FDH (Km)</b>	1,168	0,409
<b>Distancia de Armario a Caja Óptica (Km)</b>	0,015	0,0053
<b>Distancia de Caja Óptica a ONT (Km)</b>	0,1	0,035
<b>Empalmes</b>	2	0,600
<b>ODF</b>	1	0,500
<b>SPLITTER 1:32</b>	1	17,500
<b>Conectores</b>	9	2,700
<b>Fusiones de cable</b>	7	2,100
<b>TOTAL</b>		<b>23,849</b>

Fuente: [Propia]

Para estimar el link Budget total se utiliza la potencia máxima de transmisión de la OLT, los resultados del link Budget se realizan a continuación:

$$\text{Link Budget} = P_{tx-OLT} - a_T \quad (\text{Ecuación 5})$$

Reemplazando los valores se obtiene

$$\text{Link Budget} = 5 \text{ dBm} - 23,85 \text{ dB}$$

$$\text{Link Budget} = -18,85 \text{ dBm}$$

El resultado del link Budget obtenido para el usuario más cercano se encuentra dentro del límite permitido que va desde los  $-8$  dBm hasta los  $-28$  dBm y se cumple con el margen de resguardo de 3 dB detallados la Norma de diseño, construcción y fiscalización de la ODN de la CNT E.P.

## **CAPÍTULO 3 : ANÁLISIS FINANCIERO**

### 3.1 Introducción

Se diseña y se construye la infraestructura de la red GPON empezando por la ubicación de la OLT y posteriormente la ODN, de tal manera que cumpla con la inversión del capital (CAPEX) del 60%, una inversión anticipada de la OLT (que incluye las tarjetas PON), y un complemento de la inversión de un 40% contra demanda confirmada, que incluye la acometida de FO al cliente y el terminal ONT. Ya existiendo el OLT disponible, el costo total realizado en este capítulo corresponde solamente a la ODN [21].

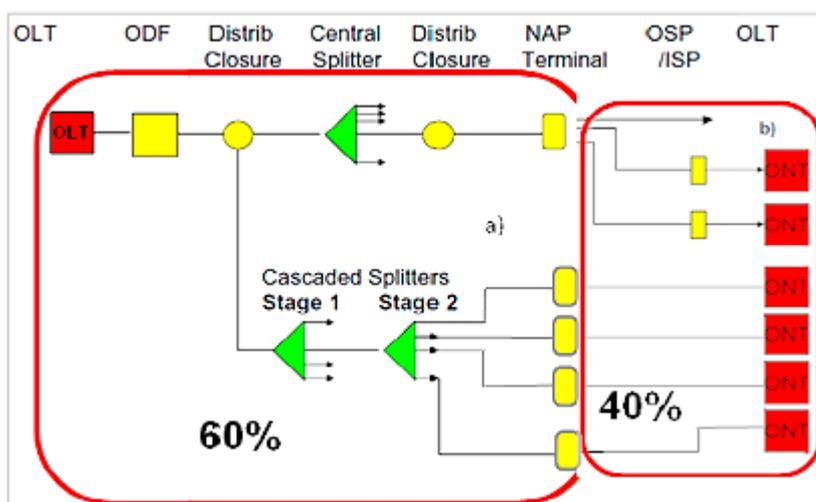


Figura 3.1. CAPEX ODN  
Fuente: [21]

Para iniciar el análisis financiero primero se obtiene el costo total de la inversión el cual incluye los rubros de los materiales y los costos de canalización, que se emplean en el tendido de la ODN desde el OLT hasta el ONT.

Una vez determinado el costo de la inversión inicial, se recopila los costos actuales que la empresa CNT E.P. brinda a sus abonados a través de la red de cobre y el servicio de televisión satelital CATV, con la finalidad de estimar los ingresos de los servicios de telefonía fija, Internet y televisión.

Para determinar la viabilidad de la inversión en una red ODN en el sector de diseño se realiza el cálculo del valor actual neto (VAN) y el cálculo de la tasa de interés de retorno (TIR).

### 3.2 Costo total de la inversión

En el costo total de la inversión engloba los costos de obra civil, herrajes de red primaria, costos de canalización telefónica y el costo de fibra óptica. El valor total de los costos se determina mediante el volumen de obra que CNT.EP otorga, donde incluye los valores de instalación y colocación de los diferentes componentes que se desplazan en la ODN.

En los egresos por canalización se constituyen por la construcción de las vías de acceso y el suministro y colocación de la ductería, herrajes y tapones necesarios en cada uno de los tramos, de igual forma la construcción de pozos de mano, pozos de 48 y 80 bloques incluyendo la mano de obra.

En los egresos por fibra óptica se constituyen por el suministro e instalación de todos los elementos pasivos necesarios para el diseño de la ODN, tales como: mangas, fusiones de cables, NAPs, armarios FDH, Splitters, conectores y finalmente fibra óptica de 288, 96, 48, 24, 12, que cumplan con las normas especificadas por la CNT E.P. adicionalmente se incluye los costos de las ONTs, rosetas ópticas, y el tendido de la red de dispersión.

Debido a que la CNT E.P. ya cuenta con un OLT instalado para establecer la conexión de las troncales FEDEER 1 y FEDEER 2 se necesita adquirir un total de 34 tarjetas OLT, ya que el OLT viene con dos tarjetas instaladas en su interior. En resumen los costos de la inversión de toda la ODN se los detalla en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Costo total de la inversión de ODN.

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.</b></p>
--

Fuente: [Propia]

### 3.3 Determinación de costos

Para fijar los costos correspondientes, se toma en cuenta los precios actuales de los servicios que presta la CNT E.P., esto debido a que no existen los costos para servicios FTTH.

### 3.3.1 Telefonía

Para el servicio de telefonía se tiene una tarifa fija, más el consumo del usuario y adicionalmente el costo de instalación. Todos los costos incluyen IVA y se encuentran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Costos de telefonía fija de CNT E.P.

TELEFONIA FIJA		
Tipo de producto	Precio(\$) + IVA	Precio instalación (\$)
Residencial Básico	6.94 + consumo	68.00

Fuente: [30]

### 3.3.2 Internet

Los costos para el servicio de Internet que ofrece CNT E.P. varían según la velocidad de transmisión que se encuentra disponible, los costos que la CNT E.P. ofrece con el servicio de cobre se detallan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Costos de Internet fijo de CNT E.P.

INTERNET FIJO		
Producto	Precio(\$) + IVA	Costo de instalación (\$)
Internet 2Mbps	20,16	50,00
Internet 3Mbps	27,89	50,00
Internet 4Mbps	40,32	50,00

Fuente: [30]

### 3.3.3 Televisión Digital

En la Tabla 3.4 se detalla los costos del servicio de CATV que presta CNT E.P., este servicio se contrata mediante paquetes de canales disponibles y tiene un costo de instalación.

Tabla 3.4. Costos Televisión Digital de CNT.E.P.

TELEVISION DIGITAL		
Producto	Precio(\$) + IVA	Precio de instalación(\$)
Súper	19,32	16,00
Súper + Total 1 o total 2	29,62	16,00
Súper+ total 1+total 2	39,93	16,00
Súper+ Total 1o total 2+ plus HD	42,50	16,00
Súper+ Total 1+ total 2+ plus HD	52,81	16,00

Fuente: [30]

### 3.3.4 Servicios en doble pack y triple pack

Existen varias opciones para armar paquetes de 2 y 3 servicios los cuales se rigen al descuento de un porcentaje en su costo total del paquete, de aproximadamente un 10% a un 15%, de igual forma están sujetos a costos de instalación y se encuentran detallados en la Tabla 3.5

Tabla 3.5. Paquetes de servicios de CNT E.P.

<b>PAQUETES DISPONIBLES</b>	
<b>Doble pack</b>	Telefonía + Internet
<b>Doble pack</b>	Telefonía + Televisión digital
<b>Triple pack</b>	Telefonía + Televisión digital + Internet

Fuente: [30]

### 3.4 Cálculos de los ingresos sin proyecto ODN vs ingresos con proyecto ODN

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

En la Tabla 3.6. se muestra el total de los ingresos que se obtienen con los clientes que cuentan con un servicio, doble pack y triple pack, cabe recalcar que para obtener este valor se considera los costos más bajos que ofrece la empresa en los diferentes servicios excluyendo los costos de instalación.

Tabla 3.6. Total ingresos con abonados sin proyecto ODN.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Fuente: [Propia]

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Tabla 3.7. Abonados con proyecto ODN.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Fuente: [Propia]

### **3.5 Resultados obtenidos**

Para establecer la viabilidad de la red ODN se toma en cuenta los valores de los servicios IPTV, Internet y telefonía IP los cuales son del mismo costo que tiene la CNT E.P. en sus servicios de telefonía e Internet en la red de cobre y el servicio de televisión satelital.

En todo proyecto de telecomunicaciones de la CNT E.P. se tiene rubros adicionales anualmente, los cuales se consideran en el costo de la instalación, tales como: atención a fallas un 4%, mantenimiento de redes en un 2%, mantenimiento de líneas en un 2%, el costo de mercadeo por cada abonado y un total de otros servicios por cada abonado [31]. Todos los costos se encuentran en la Tabla 3.8.

Cabe recalcar que la CNT E.P. al ser una empresa pública no genera utilidades por lo tanto no debe pagar un total del 15% de las utilidades generadas a sus empleadores, por lo cual no representa un egreso flujo neto generado.

Tabla 3.8. Rubros adicionales.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

Fuente: [31]

### 3.5.1 Cálculo de fondos activos netos

Para el cálculo de los fondos activos netos, se considera los ingresos y egresos que se tendrán en el período de 7 años, con el fin de poder establecer una comparación entre los abonados con proyecto ODN y abonados sin proyecto ODN. Cabe mencionar que los fondos activos netos se encuentran sujetos a todos los rubros adicionales que se presentan en la Tabla 3.8., tomando en cuenta también la degradación de las redes que se tiene por cada año [31].

En la tabla 3.9. Muestra los resultados que se tiene por cada año de fondos activos netos, en lo que concierne a red sin proyecto ODN y red con proyecto ODN. En la red sin proyecto ODN no se tiene una inversión inicial debido a que es la red que actualmente se encuentra implementada, por tanto los ingresos anuales son los mismos cada año debido a que no se tiene un aumento considerable de abonados en la red, por lo que la CNT E.P. ha considerado implementar una red con proyecto ODN, en la cual se tiene una inversión inicial en el primer año para la construcción de la red, a partir del segundo año ya se comienza a generar ingresos los cuales provienen de la migración de los abonados actuales y así mismo de los abonados potenciales, es por ello que existe un crecimiento anual en los ingresos por año.

Tabla 3.9. Tabla sobre Fondos activos netos

<b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.</b>
---

Fuente: [Propia]

A continuación se observa (Figura 3.2.) el crecimiento de los ingresos que se tiene en la red con proyecto ODN y la estabilidad de los ingresos que se tiene con la red sin proyecto ODN cada año.

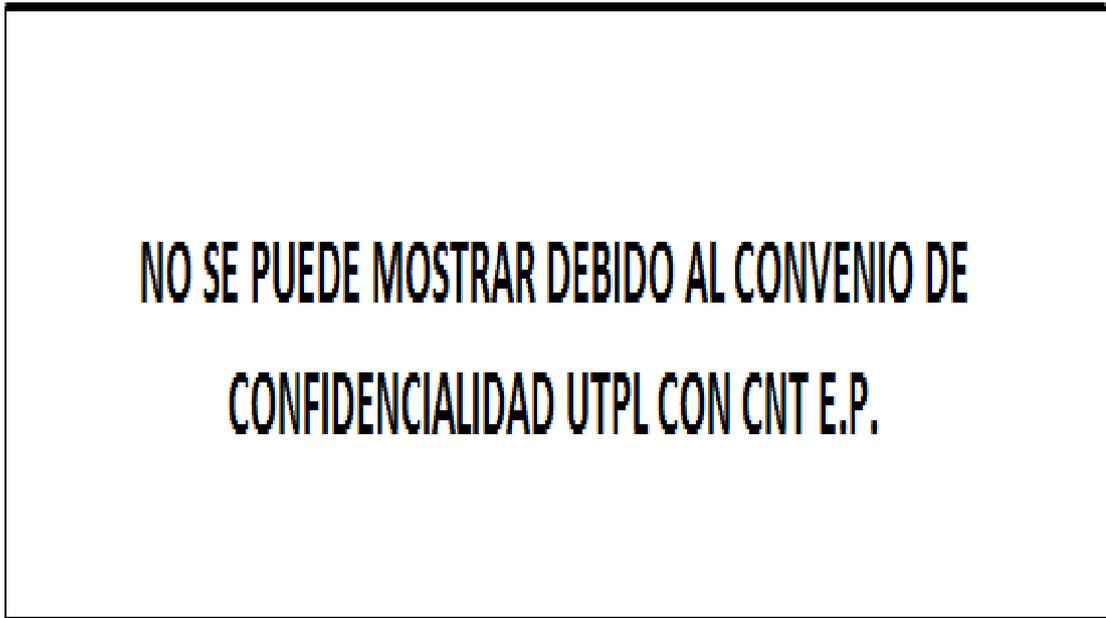


Figura 3.2. Fondos Activos Netos  
Fuente: [Propia]

### 3.5.2 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto permite conocer los flujos de ingresos y egresos futuros que tendrá el proyecto, con el fin de poder determinar la rentabilidad que se obtendrá con el desplazamiento de la ODN, usando siguiente expresión se calcula el VAN [32]:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} - I_0 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$BN$  = Fondos activos netos

$i$  = tasa de interés de descuento

$n$  = periodo correspondiente al fondos activos netos

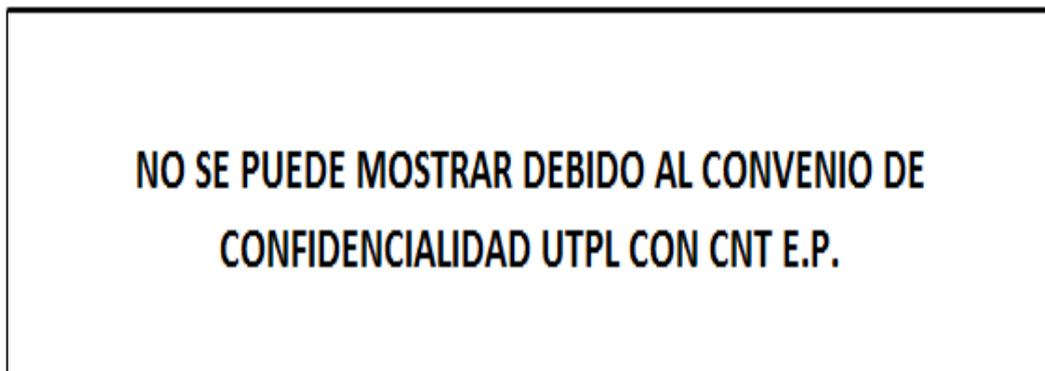
$I_0$  = inversión inicial

Para analizar la rentabilidad de la ODN, con el método VAN, se realiza una comparación entre la rentabilidad sin la inversión de la ODN y la rentabilidad con la inversión de la ODN, los valores utilizados para el análisis se encuentran detallados en la Tabla 3.9.

De igual forma para la tasa de interés de descuento necesario, se basa en la tasa establecida por el Banco Central del Ecuador, la cual es 4.53% [33] para inversiones de las instituciones del sector público, el valor usado es el actualizado hasta julio del 2014.

En la Tabla 3.10 se presentan los resultados de la red sin proyecto ODN y la red con proyecto ODN utilizando el método VAN. Como se puede ver se tiene que el período de recuperación del proyecto con ODN es en el tercer año una vez recuperada la inversión inicial que se la realiza en el año 0, esto da a conocer que la inversión que se hace es viable para la ejecución del proyecto, ya que si el período de recuperación de la inversión se la tiene dentro de los cinco primeros años el proyecto es rentable.

Tabla 3.10. Cálculo VAN para red ODN.



Fuente: [Propia]

Para establecer si la implementación de la red con proyecto ODN es rentable se realiza una comparación entre los dos VAN de la red con proyecto ODN y la red sin proyecto ODN, se compara los valores obtiene este valor se lo obtiene a partir del año 6 y como se observa en la Tabla 3.10. (Figura 3.2), el VAN mayor es el de la red con proyecto ODN, lo cual indica que el proyecto es viable.

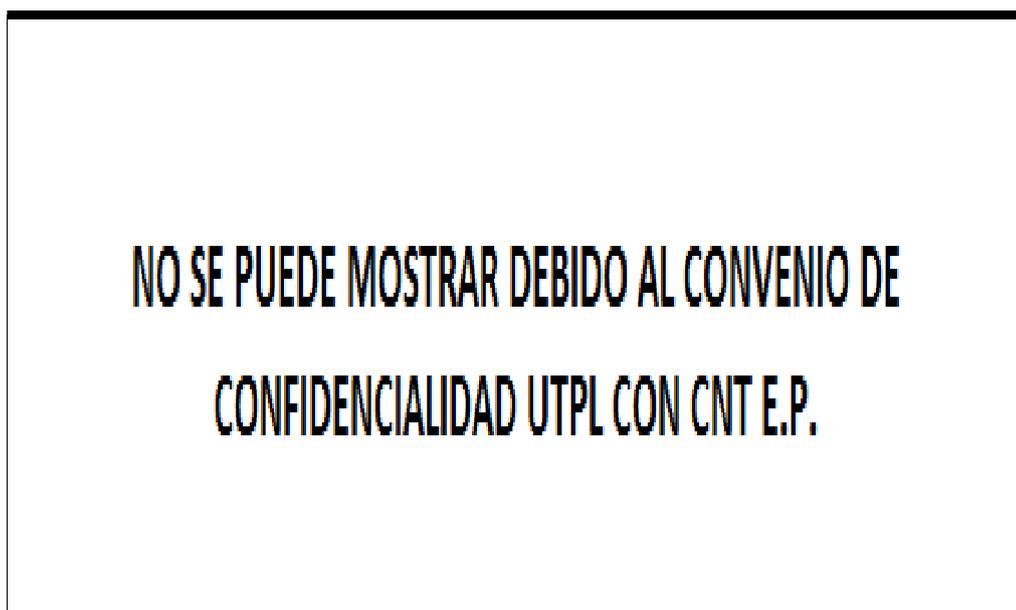


Figura 3.3. Calculo del VAN

Fuente: [Propia]

### 3.5.3 Tasa interna de retorno (TIR)

Un método adicional para validar el diseño de la ODN, es mediante el cálculo de la tasa interna de retorno, la cual evalúa un proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período. El TIR se calcula mediante la siguiente expresión [34]:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (\text{Ecuación 7})$$

*BN = flujo de ingreso a futuro*

*i = tasa de interés de descuento*

*n = período correspondiente al flujo de fondos*

*I<sub>0</sub> = inversión inicial*

A continuación se determina la tasa interna de retorno para la red ODN.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPPL CON CNT E.P.**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

El diseño de la ODN para la red GPON permite que exista la convergencia de varios servicios de telecomunicaciones (telefonía, Internet y televisión) a través de un mismo medio, alcanzando velocidades hasta de 2.4 Gbits en downlink y 1.2 Gbits en uplink, a diferencia de las redes que dispone actualmente la CNT E.P.

Una vez finalizado el levantamiento de información se obtuvo un total de 100 encuestas dentro de 100 prediales, de las 100 encuestas no se consideraron dentro del diseño debido a que son: lotes, garajes, talleres, construcciones abandonadas y usuarios que no requerían contratar ningún servicio con la CNT EP; dejando un total de 80 encuestas válidas dentro de 80 predios que fueron tomados en cuenta para el análisis de resultados.

El proceso de tabulación de las encuestas dio como resultado un total de 80 clientes con los que cuenta actualmente la CNT E.P. y 20 abonados potenciales que vendrían a ser los posibles nuevos clientes de la empresa.

Del análisis de resultados se pudo contabilizar el número total de servicios con los que cuentan actualmente los abonados de la CNT, estos son:

- 20 clientes con servicio de telefonía fija.
- 20 clientes con servicio de Internet.
- 20 clientes con servicio de televisión satelital.

El número total de servicios proyectados que demandan los nuevos abonados o a su vez aquellos abonados que ya son clientes de la empresa CNT E.P. pero desean agregar un servicio son:

- 20 contratos nuevos de líneas telefónicas.
- 20 contratos nuevos de Internet.
- 20 contratos nuevos de televisión.

Con el levantamiento de información de toda la canalización y postería existente en el sector de diseño se aprovecha toda esta infraestructura con el fin de que la inversión del proyecto sea el menor costo.

Todo el diseño de la ODN se basa en las Normas Técnicas de Dibujo y Normas Técnicas de Diseño de la CNT E.P. de esta manera cumpla los parámetros que la empresa establece.

Para el diseño de la red FEEDER se ocupa dos troncales de 288 hilos cada uno, los cuales cubren: la primera troncal 10 distritos; la segunda troncal 11 distritos.

En el diseño de la red de distribución se tiene un total                    cajas ópticas que se necesitan para cubrir a los abonados actuales, la demanda potencial y demanda futura; además resultó de esto 21 armarios de distribución FDH los cuales cuentan con la capacidad de 9 splitters cada uno con relación 1:32.

Debido a que no existe una canalización telefónica para el acceso al terminal terrestre, el acceso se lo realizó vía aérea cruzando toda la Av. 8 de Diciembre.

En lugares como: Hospital del IESS, Terminal Terrestre, Brigada de Infantería N° 7 y Dirección Provincial de Salud Loja encontrados en la zona de cobertura se tomó la decisión de llevar 48 hilos de fibra óptica de la red de distribución con el objetivo de satisfacer la demanda de cada uno de los sitios.

Para el diseño de la red de dispersión se consideró utilizar un total de                    ONTs que fueron repartidas en toda el área de cobertura de la red, cabe mencionar que para el diseño de acuerdo a la Norma Técnica de planta externa se consideró una distancia máxima de 300 metros desde la NAP hasta la ONT, para garantizar de esta manera una misma atenuación por abonado.

Unas de las limitaciones que se obtuvo por el levantamiento de información, fue una demanda en ciertos sectores que supera la capacidad máxima que posee una caja óptica de distribución, por lo que se consideró dejar 2 cajas ópticas de distribución.

Para conocer la inversión total de todo el proyecto se basó en el volumen de obra que la CNT E.P. posee, el cual cuenta con los precios referenciales de cada uno de los materiales que se utilizó en el diseño. El costo total de la inversión es de \$                    en el cual se consideró todo lo concerniente a:

- Canalización y postería.
- Ductería.
- Herrajes.
- Fibra óptica FEEDER, distribución y cable drop.
- ONTs y roseta óptica.
- Suministro y colocación de empalmes, mangas, splitters y fusiones.
- NAPs.

Los métodos financieros usados para validar el diseño de la ODN, tanto el TIR como el VAN, nos da a conocer que la inversión es totalmente factible, y que la inversión inicial tiene un periodo de retorno menor a los 3 años, por tanto la tasa interna de rentabilidad es de

## **RECOMENDACIONES**

Para realizar el levantamiento de información es necesario establecer código a la encuesta según el predio encuestado ya que esto facilitará el dimensionamiento correcto de la red y a su vez ayudará a identificar el tipo de abonado que se encuentra en cada uno de los predios.

Para la continuación de este diseño se debe partir con los diseños de la red de distribución en edificios mediante nuevos métodos detallados en las normas correspondientes.

El diseño realizado se basa solamente en la capa física (modelo OSI), por lo que se recomienda en un diseño futuro enfocarse en las capas superiores del modelo OSI.

Se recomienda realizar el estudio y diseño de la distribución interna del cable de fibra óptica como futuro trabajo en edificios residenciales y comerciales.

Se recomienda el estudio y diseño del ingreso al Terminal Terrestre ya que en el momento del diseño de la red distribución se observa la posibilidad de empotrar el cable de fibra óptica al paso peatonal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Corporación nacional de telecomunicaciones CNT.E.P. "Servicios Comercial". (01 de mayo 2014) [En línea]. Disponible en: <<https://www.cnt.gob.ec/>>
- [2] "ley de snell de la refracción". (01 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm>>
- [3] "Historia de la fibra óptica (II)". (01 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.cablesyconectoreshoy.com/historia-de-la-fibra-optica-ii/>>
- [4] Hinojosa Gómez. L.C. "Tópicos selectos de Fibra Óptica". (02 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf>>
- [5] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.652". Characteristics of a single-mode optical fiber and cable. Noviembre del 2009.
- [6] ITU-T. "Recommendation ITU-T G.655". Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable. Noviembre del 2009.
- [7] 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 2012
- [8] Soto Lalangui C.R. "Elaboración de un manual de procedimiento para la presentación de proyectos de redes de Fibra Óptica en planta externa para la CNT.E.P". Quito, enero del 2010.
- [9] Vallejo Espinosa R. D. "Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito". (5 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/527/1/%E2%80%9CDise%C3%B1o%20de%20una%20red%20de%20%C3%BAltima%20milla%20con%20tecnolog%C3%ADa%20GPON%20para%20la%20parroquia%20Cumbay%C3%A1%20en%20el%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito.pdf>>

- [10] Kao S. "Tipos de redes FTTx". Tecnologías de la Información. (06 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<https://plus.google.com/communities/103982419108664028395>>
- [11] J. I. Logroño Gómez, Ing. M. S. Jiménez, MSc. "Integración de las redes ópticas pasivas Ethernet (EPON/GPON) con la tecnología WIMAX". (06 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en:  
<[http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9961/1/INTEGRACI%3FN%20DE%20LAS%20REDES%20%3FPATICAS%20PASIVAS%20ETHERNET%20\(EPON%20GPON\)%20CON%20LA%20TECNOLOG%3FA%20WiMAX.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9961/1/INTEGRACI%3FN%20DE%20LAS%20REDES%20%3FPATICAS%20PASIVAS%20ETHERNET%20(EPON%20GPON)%20CON%20LA%20TECNOLOG%3FA%20WiMAX.pdf)>
- [12] A. O. Ojeda Sotomayor. "Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial". (06 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en:  
<[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/854/OJEDA\\_SOTOMAYO\\_R\\_ARTURO\\_RED\\_FTTH\\_CAMPUS\\_UNIVERSITARIO.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/854/OJEDA_SOTOMAYO_R_ARTURO_RED_FTTH_CAMPUS_UNIVERSITARIO.pdf?sequence=1)>
- [13] C.P Arévalo Abad, C.A. Yunga Zhispon. "Análisis de la factibilidad de implementación de un Red con Tecnología PON para la ciudad de Biblian, provincia del Cañar". (06 de mayo 2014). [En línea]. Disponible  
en:<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4203/1/UPS-CT002595.pdf>>
- [14] "Capitulo 2". Tecnología y Arquitectura de las Redes Ópticas GPON. (02 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en:  
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31/8/Capitulo2.pdf>>
- [15] UIT-T, "Recomendación UIT-T G.984.1". Transmission systems and media, digital systems and networks. Marzo 2008.
- [16] UIT-T, "Recomendación UIT-T G.984.2". Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos. Marzo 2003.
- [17] UIT-T, "Recomendación UIT-T G.984.3", Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión. Febrero 2004.
- [18] UIT-T, "Recommendation UIT-T G.984.4", Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification. Febrero 2008.
- [19] UIT-T, "ITU-T Recommendation G.984.5", Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Enhancement band. Septiembre 2007.

- [20] Illescas. E. “Estudio y Diseño de una Red GPON que provea de servicios de voz, video y datos para el sector de la carolina en el distrito metropolitano de quito, para la CNT. E.P.” (23 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en:  
<<http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/154/1/TESIS%20GPON.pdf>>
- [21] CNT E.P. “Normas de Diseño, Construcción y Fiscalización de la ODN”. Gerencia Nacional Técnica. Versión 1. Septiembre 2012.
- [22] CNT E.P, “Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con fibra óptica”. Gerencia Nacional Técnica. Versión v2. Enero 2014.
- [23] Soto Lalangui C.R. “Elaboración de un manual de procedimiento para la presentación de proyectos de redes de Fibra Óptica en planta externa para la CNT.E.P”. Quito, enero del 2010.
- [24] “El ODTR y la fibra óptica”. (23 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en:  
<[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/alonso\\_a\\_jp/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/alonso_a_jp/capitulo4.pdf)>
- [25] Fluke Networks. “Pro Optical Power Meter y Kits de comprobación de fibra”. (23 de mayo 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://es.flukenetworks.com/datacom-cabling/fiber-testing/SimpliFiber-Pro-Optical-Power-Meter-and-Fiber-Test-Kits>>
- [26] Telnet. “Certification solution GPON-Tester”. (19 de junio 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.telnet-ri.es/en/products/broadband-transmission-access/gpon-access/gpon-tester/>>
- [27] Telnet. “La solución FTTD (Fiber To The Desk)”. (10 de julio 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.telnet-ri.es/soluciones/acceso-gpon-y-redes-ftth/gpon-fttd-fibra-hasta-el-escritorio/>>
- [28] CNT E.P. “Normas de diseño de Planta Externa”. Gerencia Nacional Técnica. Versión 3.0/Abril del 2011.
- [29] CNT E.P. “Norma Técnica para Construcción de Canalización Telefónica”. Gerencia Nacional Técnica. Versión 1.0/Abril del 2011.
- [30] Corporación nacional de telecomunicación, “Información sobre arma tu paquete”. (15 de agosto 2014). [En línea]. Disponible en:  
<[http://www.micnt.com.ec/cntwebregistro\\_empaquetados/paquetes\\_arm.php?txtTipoPaqu=T](http://www.micnt.com.ec/cntwebregistro_empaquetados/paquetes_arm.php?txtTipoPaqu=T)>

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

[32] Narváez, J. L. Doctor of Philosophy in Business Administration. "Evaluación de inversiones". (15 de agosto 2014). [En línea]. Disponible en:  
< <http://www.cyta.com.ar/ta0504/v5n4a4.htm>>

[33] Banco central del Ecuador. "Tasas de interés Abril 2014". (15 de agosto 2014). [En línea]. Disponible en: <<http://www.bce.fin.ec/index.php/tablaprueba>>

[34] Prat Viñas LI. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Telecomunicació de Barcelona (ETSETB). "DISPOSITIVOS EMISORES DE LUZ Y FIBRAS ÓPTICAS". (15 de agosto 2014). [En línea]. Disponible en:  
<[http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15014928/6.\\_emisores\\_de\\_luz\\_y\\_fibras\\_opticas-4826.pdf](http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15014928/6._emisores_de_luz_y_fibras_opticas-4826.pdf)>

## **ANEXO 1: ENCUESTA**

	código:		N° Casa:	
	Distrito perteneciente:			
	<b>Encuesta a realizar a los usuarios de La ciudad de Loja, Sector norte.</b>			
	Estimado Sr(a), usuario.			
Le damos un cordial saludo, le pedimos a usted que por favor nos colabore respondiendo correctamente y con toda la sinceridad, el siguiente cuestionario, la misma que nos permitirá conocer el estado actual de los servicios de Telecomunicaciones, al fin de poder dimensionar un nuevo servicio de mejor calidad, de ante mano, se agradece su colaboración.				
1. (marque con una x) El abonado o usuario es de tipo:	Residencial		Comercial	
2. En caso de ser residencial ¿Cuántas personas habitan en su domicilio?:	≥18		<18	
	Servicios		Proveedor	
3. Marque con una X y especifique ¿Qué tipo de servicios actualmente tiene contratado y cuál es su proveedor?	Telefonía		Telefonía	
	Internet		Internet	
	TV. Digital		TV. Digital	
4. Especifique ¿El costo de los servicios que tiene actualmente contratado?	Telefonía		Internet	
			TV. Digital	Total
5. En caso de contar con un servicio contratado de la CNT, especifique los siguientes datos,	Número		Nombre del abonado	
6. ¿Qué tipo de servicios, usted estaría dispuesto a contratar?, elija cuales, y el precio que estaría dispuesto a pagar	Telefonía			
	Internet			
	TV. Digital			
			Total	
7. En caso de ser tipo comercial ¿Qué tipo de servicios es más conveniente para su negocio				
8. ¿Le gustaría obtener los tres servicios por un solo costo? Especifique el valor que usted pagaría	SI		NO	Costo
9. Ha escuchado los beneficios de Fibra Óptica	SI			
	NO			
10. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a esperar para obtener los beneficios de una red de Fibra Óptica?				
Observaciones				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				

**ANEXO 2: BASE DE DATOS ENCUESTAS**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 3: PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 4: PLANOS DE LA RED DE DISPERSIÓN**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 5: PLANOS DE LA RED FEEDER**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 6: PLANOS CANALIZACIÓN EXISTENTE Y PROYECTADO USADO PARA LA ODN**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 7: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED DE DISPERSIÓN Y FEEDER**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 8: PRESUPUESTO REFERENCIAL ODN**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO AL CONVENIO DE  
CONFIDENCIALIDAD UTPL CON CNT E.P.**

**ANEXO 9: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE CNT**



Loja Octubre 2, 2014  
**APLCNT-BVS-1197 -2014**

Ingeniero  
Jorge Luis Jaramillo  
**COORDINADOR ACADEMICO DE LA TITULACIÓN  
INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA  
Ciudad**

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 del 29 de octubre del 2013 de la Universidad Técnica Particular de Loja para realizar el Trabajo de Fin de Titulación denominado "Diseño de una ODN para UNA Red GPON en la localidad de Loja - Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT 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
- Análisis Costo Beneficio

Adicional, como parte del trabajo se socializó lo descrito, el día 2 de octubre del 2014 a las áreas Técnicas y Comercial, teniendo de las mismas comentarios favorables.

Por lo descrito y considerando la revisión efectuada los días 29 y 30 de septiembre por el Ing. Fausto Rodríguez delegado de la Gerencia de Ingeniería, me permito comunicar que el Trabajo de Fin de Titulación denominado "Diseño de una ODN para UNA Red GPON en la localidad de Loja - Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP." realizado por los señores José Alberto Albuja Narváez (C.I. 1103477749) y Hugo Javier Eras Almeida (C.I. 1104689946) ha sido realizado cumpliendo los parámetros de Diseño de CNT.

Con sentimientos de consideración, quedo de Usted.

Atentamente

Ing. Byron Vinicio Salinas Salinas  
**ADMINISTRADOR AGENCIA PROVINCIAL LOJA  
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.  
BVS/FCA/sbs.**



**ANEXO 10: CONVENIO DE CONFIDENCIAL CON CNT E.P**



## CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD

### PRIMERA.- COMPARECIENTES:

Comparecen a la celebración del presente Convenio de Confidencialidad, por una parte, el Arq. Reinaldo Torres Jaramillo, Gerente Nacional de Desarrollo Organizacional, quien mediante Resolución No. CNTEP-GG-020-2011 de 23 de marzo de 2011, ha sido Delegado para la suscripción del presente Convenio; y, por otra parte los señores José Alberto Albuja Narváez con C.I. 110347774-9 y Hugo Javier Eras Almeida, con C.I. 110468994-6, a quienes para efectos de este convenio, en adelante se les denominará CUSTODIOS.

### SEGUNDA.- ANTECEDENTES.-

- 2.1. Mediante oficio No. N-052-D\_TIET-UTPL de 29 de octubre de 2013, el Ing. Jorge Luis Jaramillo, Coordinador (E) de la Titulación Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja, solicita al Ing. Byron Salinas, Administrador de la Agencia Provincial Loja CNT, se facilite el acceso a la información, a fin de que los señores José Alberto Albuja Narváez y Hugo Javier Eras Almeida, alumnos de la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL realicen el Proyecto de Tesis denominado "DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA LOCALIDAD DE LOJA CENTRO, EDIFICIO SECTOR NORTE", previo a obtener su Título de Ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones.
- 2.2. Por medio de oficio APLCNT-BVS-0609-2013 de fecha 5 de noviembre de 2013, dirigido al Arq. Reinaldo Torres Jaramillo, Gerente Nacional de Desarrollo Organizacional, el Ing. Byron Salinas, Administrador Agencia Provincial Loja (E), manifiesta que considera favorable la ejecución del plan de Tesis.

### TERCERA.- OBJETO.-

- 3.1. Por medio del presente instrumento los CUSTODIOS se obligan expresamente para con la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP a guardar confidencialidad sobre el contenido de toda la información considerada como confidencial, a la que tengan acceso en virtud de los servicios o trabajos que realicen y que les sea remitida de manera verbal, visual, por escrito o por cualquier otra forma tangible o intangible para el desarrollo del proyecto, el resultado del proyecto será de uso exclusivo para la Empresa.

### CUARTA.- OBLIGACIONES DE LOS CUSTODIOS.-

Los CUSTODIOS deberán cumplir a cabalidad las siguientes obligaciones:

- 4.1. La información confidencial se mantendrá en absoluta reserva y, bajo ningún concepto, podrá ser divulgada a persona natural o jurídica alguna, ajena a CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, salvo autorización expresa de ésta última u orden de autoridad pública competente. En este último caso los CUSTODIOS informarán a la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP de la existencia de tal requerimiento en el plazo de un día hábil contado desde la fecha de recepción del mismo.



- 4.2. Las obligaciones estipuladas en esta Cláusula no alcanzan a aquella información confidencial que:
- 4.2.1. Sea de dominio público o se convierta en información de dominio público, excepto que lo sea como resultado del incumplimiento a las obligaciones de este Convenio de Confidencialidad;
  - 4.2.2. Los CUSTODIOS hayan tenido acceso o hayan producido de modo independiente con anterioridad a este Convenio de Confidencialidad;
  - 4.2.3. Aquella que se torne disponible de modo no confidencial y que provenga de una fuente distinta a la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP y sus representantes; o,
  - 4.2.4. Que la información fuere desarrollada por los CUSTODIOS o sus allegados, independientemente de o sin referencia a cualquier información confidencial de CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP. En una situación así, los CUSTODIOS deberán tener la carga de la prueba de tal desarrollo independiente.
- 4.3. Los CUSTODIOS emplearán sus mejores esfuerzos para que la información confidencial de CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, que esté a su disposición, sea manejada con cautela y para los fines relacionados para los que le haya sido proporcionada dicha información;
- 4.4. Los CUSTODIOS se obligan a la custodia de la información confidencial, aplicando las mismas medidas utilizadas en la custodia de la información similar propia;
- 4.5. Los CUSTODIOS se obligan a utilizar la información objeto del presente convenio únicamente para los fines para los que le haya sido proporcionada dicha información; y,
- 4.6. Al darse cuenta de cualquier pérdida, uso no autorizado o revelación de la información confidencial de CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, los CUSTODIOS acuerdan adoptar las medidas necesarias para ayudar a CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP a remediar tal uso no autorizado o revelación de la información confidencial.
- La aplicación de este principio no exime al de responder judicial y extrajudicialmente respecto de los perjuicios causados a la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, a causa de la divulgación de información confidencial no autorizada.
- 4.7. Los CUSTODIOS expresamente declaran que se obliga a no revelar, difundir o hacer uso en beneficio propio o de terceros, de la información confidencial de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP.



#### **QUINTA.- MATERIALES**

- 5.1. Todos los materiales incluyendo, sin estar limitada a: documentos, dibujos, modelos, aparatos, esquemas, diseños, listas y cualquier cuerpo tangible que contenga información confidencial de CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, a las que tengan acceso, los CUSTODIOS, deberán ser devueltos a la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, de acuerdo con las instrucciones razonables de ésta o deberán ser destruidos, incluyendo sus copias, al momento de la terminación de este Convenio o ante el pedido por escrito de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP.

#### **SEXTA.- ALCANCE DEL CONVENIO**

- 6.1. A más de lo antes referido, se considerará como información confidencial al contenido de todo documento o medio que se haya entregado a los CUSTODIOS, bajo el presente convenio con la leyenda "CONFIDENCIAL". Igual condición tendrá la información que se divulgue en cualquier reunión llevada a cabo entre personal de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP y los CUSTODIOS.

#### **SEPTIMA.- NO LICENCIA**

Este convenio no confiere a los CUSTODIOS ninguna licencia para usar la información confidencial de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP

#### **OCTAVA.- PLAZO**

El presente Convenio, se entiende vigente a partir de la fecha de su suscripción terminará en el momento en que la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP así lo decidiere y lo notifique a los CUSTODIOS ó a la culminación del proyecto, es decir a la presentación de la Tesis para la obtención de su Título de Ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones. Este Convenio terminará inmediatamente a la recepción de tal notificación, dejándose claramente establecido, que por el hecho de tal terminación, ninguna de las partes deberá a la otra, indemnización alguna, salvo los casos de responsabilidad en que hayan incurrido los CUSTODIOS.

Ante la terminación de este Convenio o cuando la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP lo estimare conveniente, los CUSTODIOS cesarán inmediatamente el uso de la información confidencial de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP y cumplirá inmediatamente con lo dispuesto en la Cláusula Cuarta de este Convenio. Ante el pedido de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, los CUSTODIOS certificarán que han cumplido con sus obligaciones aquí estipuladas.

#### **NOVENA.- DERECHO A INICIAR ACCIONES**

En el evento de que se produzca el incumplimiento de lo estipulado en el presente Convenio, la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP tendrá el derecho a iniciar las acciones legales, civiles o penales, de las que se crea asistido, incluyendo la reclamación de daños y perjuicios.



#### **DECIMA.- INDEMNIDAD**

Los CUSTODIOS reconocen que la divulgación no autorizada de la información confidencial de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, que pueda resultar en un perjuicio económico para ésta última, en cuyo caso ésta tendrá derecho al resarcimiento de daños y perjuicios que sea determinado por el Tribunal de Arbitraje o el juez de lo penal, según el caso.

#### **ÚNDECIMA.- CESIÓN DE DERECHOS**

Los CUSTODIOS no podrán ceder sus derechos según este convenio, sin el consentimiento previo y por escrito de la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, salvo el caso de disposición de autoridad competente.

#### **DECIMA PRIMERA.- DISPOSICIONES GENERALES**

- 12.1. Los CUSTODIOS reconocen que la solución para cualquier incumplimiento de los términos de este Convenio se realizará en conformidad con la Ley, y se tendrá especial atención a las disposiciones establecidas en la Ley de Propiedad Intelectual, el Código Penal y demás normativa civil y tratados internacionales ratificados por el Ecuador;
- 12.2. Las partes declaran que, en el evento de incumplimiento o amenaza de los términos de este convenio, la CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP tendrá derecho a iniciar las acciones legales y administrativas que estime del caso y a reclamar por el pago de los correspondientes daños y perjuicios;
- 12.3. Este convenio podrá ser reformado o complementado consensuadamente y por escrito; y,
- 12.4. Si cualquiera estipulación de este Convenio se vuelve inválida o inejecutable, tal estipulación será adecuada por las partes para su ejecución, sin perjuicio de lo cual, el resto del Convenio será mantenido en ejecución total.

#### **DÉCIMA TERCERA.- LEGISLACIÓN, JURISDICCIÓN Y COMPETENCIA**

- 13.1. La Legislación aplicable a este Convenio de Confidencialidad es la ecuatoriana.
- 13.2. Las partes renuncian a utilizar la vía diplomática para todo reclamo relacionado con este Convenio.
- 13.3. Para el caso de controversias relacionadas con la aplicación o interpretación de este convenio, que no sean de carácter penal, los comparecientes renuncian fuero y/o domicilio y se sujetan a la Ley de Arbitraje y Mediación y, en particular, al pronunciamiento de los señores árbitros del Centro de Arbitraje y Mediación de la Cámara de Comercio de Quito, a cuyo efecto realizan, además, las siguientes precisiones:
- 13.4. El proceso se llevará en la ciudad de Quito, ante el Centro de Arbitraje y Mediación de la Cámara de Comercio de Quito, conforme su reglamentación interna;
- 13.5. Los árbitros habrán de resolver en derecho;

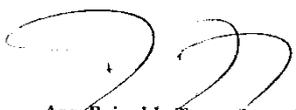


- 13.5.1 Los árbitros quedan expresamente facultados para dictar medidas cautelares y para solicitar el auxilio que fuere necesario para ejecutar dichas medidas, en los términos previstos en el Art. 9 de la Ley de Arbitraje y Mediación;
- 13.5.2. Los costos y gastos en que se incurra, incluidos los honorarios profesionales pactados razonablemente, serán cubiertos por la parte que fuere vencida. A pedido de parte realizado antes de dictar el respectivo laudo, el Tribunal tendrá facultades para regular dichos honorarios, si es que le parecieren considerablemente excesivos o exiguos, en consideración a la cuantía y circunstancias del caso que haya sido puesto en su conocimiento;
- 13.5.3. Las partes se comprometen a aceptar el Laudo Arbitral. Sin perjuicio del derecho conferido por la Ley ecuatoriana para que la parte afectada pueda demandar la nulidad del laudo, en los casos taxativamente permitidos por dicha Ley, las partes acuerdan que la parte que dedujere un recurso de nulidad que fuere resuelto negativamente para ella, deberá cancelar a la otra parte, a más de todas las obligaciones pendientes o generadas a esa fecha y de aquellas otras obligaciones que, por disposición de la ley, se generasen como efecto de dicha resolución negativa, una indemnización equivalente a la máxima tasa de interés convencional que hubieren generado la suma de todas las citadas obligaciones, desde la fecha de expedición del laudo impugnado, por respectivo órgano o juez ejecutor;
- 13.5.4. De ser requerido, el respectivo laudo será ejecutado ante los jueces competentes de la ciudad de Quito o del lugar en que se encontraren los bienes del ejecutado.

Para fe y constancia de lo estipulado, las partes suscriben a continuación, en dos ejemplares de igual valor y contenido, en la ciudad de Quito - Ecuador, a **22 NOV 2013**

  
Jose Alberto Albuja Narváez  
C.I. 110347774-9  
CUSTODIO

  
Hugo Javier Eras Almeida  
C.I. 110468994-6  
CUSTODIO

  
Arq. Reinaldo Torres Jaramillo  
GERENTE NACIONAL DE DESARROLLO  
ORGANIZACIONAL CNT EP.