



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

**Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Lapo Zhanay, Darwin Fernando

**DIRECTOR:** Sandoval Noreña, Francisco Alberto, M.Sc.

LOJA-ECUADOR

2015

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

M.Sc.

Francisco Alberto Sandoval Noreña.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: "**Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente**" realizado por Lapo Zhanay Darwin Fernando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Enero de 2015

f). .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Lapo Zhanay Darwin Fernando** declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: **“Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente ”**, de la titulación de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo el M.Sc. Sandoval Noreña Francisco Alberto director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 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: Lapo Zhanay Darwin Fernando

Cédula: 1104601016

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de tesis se lo dedico primeramente a Dios, y a mis padres que gracias a su apoyo incondicional he podido cumplir este objetivo.

A mis hermanos, Katy, Franklin, Pablo y Cesar, por brindarme su amor, afecto y su apoyo siempre en los momentos de tristeza y felicidad.

A mis queridos abuelitos, tíos y primos, por ofrecerme su apoyo desinteresado, cariño y sus sabios consejos que me han permitido llegar a cumplir esta meta.

A mis amigos, amigas, por su amistad sincera y apoyo demostrado, por haber formado parte de este logro.

*Darwin Fernando*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser el creador de todas las cosas, por darme la fuerza de voluntad para siempre seguir adelante.

Quiero agradecer de una manera muy especial a mis padres, por brindarme el apoyo incondicional para culminar todos mis estudios propuestos.

Un cordial agradecimiento al Ing. Fabián Castillo por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo y ser un guía en todo el proceso de realización del proyecto.

Quiero también expresar mi más sincero agradecimiento a los ingenieros: Hernán Samaniego y Francisco Sandoval; quienes con sus acertadas correcciones supieron guiarme para que este trabajo culmine con todo éxito.

A todo el personal del área técnica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, por brindarme su apoyo y confianza durante el trascurso de finalización de este trabajo.

Muchas gracias.

*Darwin Fernando*

## 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
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
TERMINOLOGÍA .....	xiii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	5
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	6
1. Conceptos generales de fibra óptica .....	7
1.1. Fibra óptica. ....	7
1.2. Tipos de fibra óptica.....	7
1.2.1. Fibras multimodo.....	7
1.2.2. Fibras monomodo. ....	8
1.3. Factores que afectan al medio de transmisión de fibra óptica. ....	8
1.3.1. Pérdidas por absorción. ....	9
1.3.2. Pérdidas por curvaturas. ....	9
1.3.3. Pérdidas por unión. ....	10
1.3.4. Dispersión intermodal. ....	10
1.3.5. Dispersión intramodal. ....	10
1.3.6. Dispersión por modo de polarización. ....	10
2. Sistemas de comunicaciones ópticas.....	11
2.1. Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas.....	11
2.1.1. Transmisores ópticos. ....	12

2.1.2.	Receptores ópticos. ....	12
3.	Redes de acceso FTTx .....	12
3.1.	FTTN (Fiber to the node).....	13
3.2.	FTTC (Fiber to the Curb).....	13
3.3.	FTTB (Fiber to the Building). ....	13
3.4.	FTTH (Fiber to the Home). ....	13
4.	Redes xPON .....	13
4.1.	APON(ATM PON) .....	13
4.2.	BPON (Broadband PON). ....	14
4.3.	EPON (Ethernet PON). ....	14
4.4.	GPON (Gigabit-capable PON).....	14
4.4.1.	Arquitectura GPON .....	15
4.4.2.	Recomendación UIT-T G.984.....	16
5.	Elementos de unión para fibras en planta externa de una ODN .....	16
5.1.	ODF (Optical Distribution Frame). ....	17
5.2.	Splitter óptico. ....	17
5.3.	FDH (Fiber Distribution Hub). ....	17
5.4.	NAP (Network Access Point).....	18
5.5.	Conectores ópticos. ....	18
5.6.	Pigtail. ....	19
5.7.	Mangas de empalme.....	19
5.8.	Cables de fibra óptica.....	20
5.9.	Preformado para cable de fibra óptica ADSS. ....	20
5.10.	Thimble clevis.....	21
5.11.	Subida a poste.....	21
5.12.	Herrajes.....	22
5.12.1.	Herraje de retención. ....	22
5.12.2.	Herraje de suspensión.....	22
5.12.3.	Kit de herraje de pozo.....	22

5.13.	Porta reservas en pozo.....	23
5.14.	Manguera corrugada $\frac{3}{4}$ ".....	23
5.15.	Tapón simple 1 $\frac{1}{4}$ pulgada.....	24
5.16.	Tapón ciego 1 $\frac{1}{4}$ pulgada. ....	24
CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA ODN CON TECNOLOGÍA GPON.....		25
1.	Delimitación del área de cobertura del sector de estudio .....	27
2.	Estudio de demanda .....	28
2.1.	Demanda actual.....	28
2.2.	Demanda potencial. ....	30
2.3.	Demanda total.....	30
2.4.	Crecimiento de la demanda.....	30
3.	Diseño de la ODN con tecnología GPON .....	32
3.1.	Consideraciones generales.....	32
3.2.	Diseño de la red de dispersión.....	33
3.3.	Diseño de la red de distribución. ....	34
3.4.	Diseño de la red troncal FEEDER. ....	35
3.5.	Diseño de la obra civil (canalización). ....	36
3.6.	Diagrama esquemático de empalmes. ....	37
3.7.	Balance óptico de la red GPON. ....	37
3.7.1.	Consideraciones generales.....	37
3.7.2.	Cálculo de balance óptico. ....	38
CAPÍTULO III: ANÁLISIS FINANCIERO .....		41
1.	Costo total de inversión.....	43
2.	Planes comerciales de la CNT EP.....	44
2.1.	Telefonía fija. ....	44
2.2.	Internet fijo. ....	44
2.3.	Televisión pagada.....	44
2.4.	Servicios en doble pack y triple pack.....	45
3.	Determinación de ingresos.....	45
4.	Determinación de egresos.....	47



5. Cálculo de flujo de fondos .....	48
6. Indicadores de rentabilidad .....	49
6.1. Valor neto actual (VAN).....	49
6.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	50
CONCLUSIONES .....	52
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXO 1: MODELO DE ENCUESTA.....	58
ANEXO 2: PLANOS DE RED DE DISPERSIÓN.....	60
ANEXO 3: PLANOS DE RED DE DISTRIBUCIÓN .....	61
ANEXO 4: PLANOS DE RED TRONCAL FEEDER .....	62
ANEXO 5: PLANOS DE CANALIZACIÓN.....	63
ANEXO 6: ESQUEMA DE EMPALMES DE RED FEEDER Y DISTRIBUCIÓN.....	64
ANEXO 7: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE VOLUMEN DE OBRA Y MATERIALES..	65
ANEXO 8: CERTIFICADO DE APROBACION DE CNT EP .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Componentes de la fibra óptica.....	7
Figura 1. 2. Propagación de luz en fibra multimodo de índice abrupto .....	7
Figura 1. 3. Propagación de luz en fibra multimodo de índice gradual .....	8
Figura 1. 4. Propagación de luz en fibra monomodo de índice abrupto.....	8
Figura 1. 5. Macrocurvatura .....	9
Figura 1. 6. Microcurvatura .....	9
Figura 1. 7. Dispersión intermodal .....	10
Figura 1. 8. Dispersión intramodal .....	10
Figura 1. 9. Dispersión por modo de polarización .....	11
Figura 1. 10. Elementos de un sistema de comunicación por fibra óptica. ....	12
Figura 1. 11. Arquitectura GPON .....	15
Figura 1. 12. Distribuidor de fibra óptica.....	17
Figura 1. 13. Estructura de una red GPON con splitter óptico.....	17
Figura 1. 14. Armario óptico.....	18
Figura 1. 15. Caja de distribución óptica .....	18
Figura 1. 16. Conectores ópticos .....	19
Figura 1. 17. Pigtail.....	19
Figura 1. 18. Manga de empalme .....	19
Figura 1. 19. Cable ADSS.....	20
Figura 1. 20. Cable figura 8.....	20
Figura 1. 21. Preformado para cable de fibra óptica .....	21
Figura 1. 22. Thimble clevis .....	21
Figura 1. 23. Accesorio de subida a poste .....	21
Figura 1. 24. Herraje tipo A.....	22
Figura 1. 25. Herraje tipo B.....	22
Figura 1. 26. Kit de Herraje de pozo .....	23
Figura 1. 27. Porta reserva en pozo.....	23
Figura 1. 28. Manguera corrugada.....	23
Figura 1. 29. Tapón simple .....	24
Figura 1. 30. Tapón ciego .....	24
Figura 2. 1. Delimitación del área de cobertura del sector de estudio .....	27
Figura 2. 2. Demanda actual del servicio de Internet .....	29
Figura 2. 3. Demanda actual del servicio de televisión pagada.....	29
Figura 2.4. Crecimiento anual de abonados.....	31
Figura 2.5. Modelo general de arquitectura GPON CNT EP .....	32

Figura 2. 6. Modelo masivos/casas de la CNT EP. ....	32
Figura 2.7. Secuencia de diseño para la ODN. ....	33
Figura 2.8. Ejemplo de área de dispersión de una NAP. ....	34
Figura 2.9. Ejemplo de diseño de red distribución del tercer armario óptico GPON. ....	35
Figura 2.10. Esquema de canalización de cuatro vías más triducto ....	37
Figura 3.1. Período de recuperación de la inversión ....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Demanda de servicios de telecomunicaciones .....	28
Tabla 2.2. Demanda total de la CNT EP en base a encuestas.....	30
Tabla 2.3. Umbrales mínimos y máximos de potencia óptica de OLT y ONT .....	38
Tabla 2.4. Atenuaciones típicas de elementos de ODN .....	38
Tabla 2.5. Cálculo del valor total de atenuación del abonado más lejano .....	39
Tabla 2.6. Cálculo del valor total de atenuación del abonado más cercano .....	39
Tabla 3.1. Costo total de la inversión .....	43
Tabla 3.2. Tarifa mensual de telefonía fija .....	44
Tabla 3.3. Tarifa mensual de planes de Internet .....	44
Tabla 3.4. Tarifa mensual de planes de televisión pagada.....	45
Tabla 3.5. Paquetes de servicios disponibles en doble pack y triple pack de la CNT EP .....	45
Tabla 3.6. Ingresos con abonados actuales.....	46
Tabla 3.7. Ingresos con abonados potenciales .....	46
Tabla 3.8. Ingresos con abonados finales para la red GPON.....	46
Tabla 3.9. Ingresos por costos de instalación de la red GPON .....	47
Tabla 3.10. Costos por abonado mensual.....	47
Tabla 3.11. Estimación de egresos por concepto de costos de operación .....	48
Tabla 3.12. Flujo de fondo de la red GPON .....	48
Tabla 3.13. Resultados del valor neto actual .....	49

## TERMINOLOGÍA

**ADSL:** Asymmetric digital subscriber line

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

**APD:** Avalanche photodiode

**APON:** ATM passive optical network

**BPON:** Broadband Passive Optical Network

**CDMA:** Code division multiple access

**CNT EP:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública.

**DSL:** Digital Subscriber Line

**DTH:** Direct To Home

**EPON:** Ethernet Passive Optical Network

**FDH:** Fiber Distribution Hub

**FO:** Fibra óptica

**FTTB:** Fiber to the building

**FTTC:** Fiber to the curb

**FTTH:** Fiber to the Home

**FTTN:** Fiber to the node

**FSAN:** Full Service Access Network

**GSM:** Global System for Mobile Communications

**GPON:** Gigabit Passive Optical Network

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

**ITU:** International Telecommunication Union

**NAP:** Network Access Point

**ODF:** Optical distribution frame

**ODN:** Optical Distribution Network

**OLT:** Optical Line Termination

**ONT:** Optical Network Termination

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

**PON:** Passive Optical Network

**TDM:** Time division multiplexing

**TIR:** Tasa interna de retorno

**VAN:** Valor actual neto

**WDM:** Wavelength division multiplexing

## RESUMEN

El presente trabajo de fin de titulación comprende el diseño de una ODN de acceso FTTH relacionada con la capa física (modelo OSI) de una red GPON para la CNT EP en la ciudad de Loja sector suroccidente, esta red permitirá brindar servicios convergentes (voz, Internet y televisión) a través de un único medio de transmisión de fibra óptica.

El diseño se lo ha desarrollado bajo las normas técnicas de la CNT EP, como primer punto se hizo un estudio de demanda, para lo cual se llevó a cabo un censo en el sector de estudio, del cual se determinó la demanda existente, demanda potencial y demanda total de abonados que se beneficiaran de la nueva red. En segundo lugar se realizó el diseño de la ODN con tecnología GPON basándose en las normativas vigentes de la CNT EP. Finalmente el diseño fue validado con un análisis financiero determinando la rentabilidad del proyecto utilizando dos indicadores, el VAN y el TIR.

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

## **ABSTRACT**

This graduation project entails an ODN design which has a FTTH access related to the physical layer (OSI model) of a GPON network for CNT EP in the south-western part of the city of Loja. This network will provide converged services (voice, Internet and TV) by means of a single fiber optical transmission.

The design has developed according to the technical standards of CNT EP. First and foremost, a study of demand was performed, for which it was necessary to conduct a census in the study area to determine the existing demand, potential demand and total demand of subscribers who will benefit from the new network. Second of all, we made the design ODN using GPON technology according to the current regulations of CNT EP. Finally the design was validated with a financial analysis determining the profitability of the project using two indicators, VAN and TIR.

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



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la gran demanda de servicios de telecomunicaciones de alta calidad, referentes a telefonía, Internet y televisión que requieren un gran ancho de banda, han impulsado a las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones a migrar de las redes de telecomunicaciones tradicionales basadas en cobre, a redes de alta capacidad de transmisión con fibra óptica. Una de las soluciones en redes de alta capacidad con fibra óptica son las redes ópticas pasivas con capacidad gigabit GPON, las mismas que permiten llevar un gran ancho de banda a cada usuario final, además de soportar servicios triple play (telefonía, Internet, televisión).

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP es una empresa pública de telecomunicaciones del Ecuador, actualmente brinda los servicios de telefonía fija y móvil, Internet y Televisión Satelital. El servicio de telefonía fija es provisto mediante un sistema de telefonía analógica, donde el usuario final se conecta a través de la planta externa basada en cobre hasta la central de conmutación. Para el servicio de telefonía móvil CNT EP hace uso de una infraestructura de red móvil con tecnología CDMA, GSM, 3G y actualmente está implementando una nueva infraestructura de red móvil para desplegar la primera red 4G LTE en el Ecuador. El servicio de Internet a clientes residenciales CNT EP utiliza tecnología xDSL específicamente ADSL2 y ADSL2+, la cual le permite utilizar la misma planta externa basada en cobre para brindar este servicio, en el caso del servicio para clientes corporativos lo hacen mediante enlaces punto a punto de fibra óptica que se enlazan desde la oficina central hasta el usuario final. Respecto a la televisión pagada la CNT EP brinda este servicio a todo el territorio del Ecuador bajo la modalidad de televisión codificada por satélite Direct to Home (DTH), y opera en las bandas de frecuencia 10.7-12.2GHz (Down-Link) autorizadas por el CONATEL.

La infraestructura actual de la CNT EP es independiente por cada servicio que brinda al usuario final, por tal motivo la empresa pretende implementar redes convergentes con tecnología GPON que le permitan brindar los servicios (telefonía, Internet, televisión) sobre una misma infraestructura con fibra óptica. Una vez implementada la red GPON, el objetivo será migrar los abonados de la red de acceso basada en cobre a la red de distribución óptica (ODN), también migrarán los abonados con el servicio de televisión por satélite a la nueva red. Cabe mencionar que actualmente ya se ha realizado un diseño de una ODN en el sector noroccidente de la ciudad de Loja, el cual tiene la aprobación de la CNT EP para su implementación.

El presente trabajo de fin de titulación se enfoca en el diseño de una ODN con tecnología GPON para la CNT EP. Este proyecto cubre una parte del sector suroccidente de la ciudad de Loja, la cual está delimitada de la siguiente manera: al norte con la calle Otavalos y la Av. Manuel Carrión Pinzano, al sur con la calle Cosanga, Colorados, Mixtecas y Aymaras, al este con la calle Quitumbe, José Ángel Palacios y la Av. Manuel Carrión Pinzano, al oeste con la calle Huancavilca. Los principales beneficios del diseño son la mejora significativa en la calidad del servicio (telefonía, Internet, televisión) que recibirá el usuario final y la disminución de costos de operación y mantenimiento para la CNT EP, esto al utilizar una sola infraestructura con fibra óptica para brindar los servicios de telefonía, Internet y televisión.

La estructura del presente trabajo está dividida en tres capítulos: en el Capítulo I se presenta el marco teórico; el Capítulo II contiene un estudio de demanda realizado a la zona de cobertura, además del diseño en sí de la ODN donde se presenta un cálculo de balance óptico y los diseños bajo la normas técnicas de la CNT EP de los planos de red de: dispersión, distribución, FEEDER y canalización; en el Capítulo III se realiza un análisis financiero determinando la rentabilidad del proyecto mediante los indicadores, VAN y TIR. Adicional a esto se presentan las conclusiones y recomendaciones de todo el trabajo realizado.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una ODN con tecnología GPON en la ciudad de Loja, sector suroccidente para la CNT EP.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la demanda de servicios de telecomunicaciones en el sector de estudio.
- Realizar el diseño de una ODN con tecnología GPON de acuerdo a las normas técnicas vigentes de la CNT EP.
- Realizar un análisis financiero para determinar la rentabilidad del proyecto.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

## 1. Conceptos generales de fibra óptica

### 1.1. Fibra óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión que se comporta como una guía de onda, permitiendo la propagación de ondas electromagnéticas longitudinalmente. El centro del filamento se denomina “núcleo”, éste guía las señales que se transmiten en la FO; una capa de vidrio denominada “revestimiento” rodea al núcleo, el revestimiento confina la luz en el núcleo; la región externa de la fibra óptica es el “recubrimiento” (ver Figura 1.1), normalmente un material plástico que proporciona protección ante agentes externos [1].

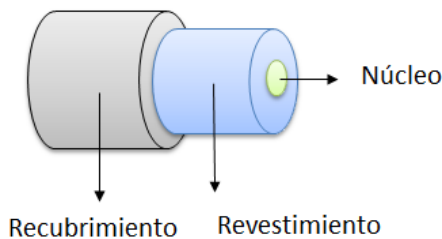


Figura 1. 1. Componentes de la fibra óptica.  
Fuente: Propia

### 1.2. Tipos de fibra óptica.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación, y según el modo de propagación se tiene dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo.

#### 1.2.1. Fibras multimodo.

Son fibras que poseen varios modos de propagación, por tal los haces de luz recorren diversos caminos en el interior de la fibra. Las fibras multimodo pueden tener más de mil modos de propagación. Comúnmente se utilizan en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km [2]. Existen dos tipos de fibra multimodo: índice abrupto e índice gradual. La fibra de índice abrupto tiene sus índices de refracción del núcleo y cubierta diferentes, mientras que en la fibra de índice gradual, sus índices de refracción núcleo y cubierta ya no son netamente distintos [3]. A continuación se observa la estructura y el modo de propagación de las fibras multimodo de índice abrupto y gradual.

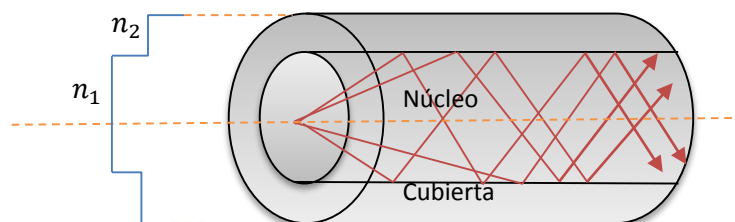


Figura 1. 2. Propagación de luz en fibra multimodo de índice abrupto  
Fuente: propia

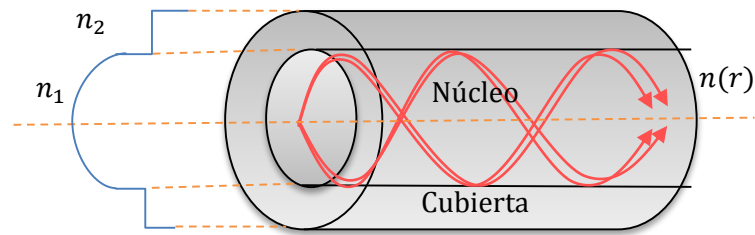


Figura 1. 3. Propagación de luz en fibra multimodo de índice gradual  
Fuente: propia

### 1.2.2. Fibras monomodo.

Las fibras monomodo permiten un solo modo de propagación de haz de luz, su núcleo tiene un diámetro mucho menor al de las fibras multimodo. El efecto de un solo modo de propagación causa que su ancho de banda sea muy elevado, razón por la cual su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 Km [2]. Existe una sola estructura de fibra monomodo, la cual es de índice abrupto, en la Figura 1.4 se observa la propagación de luz en este tipo de fibra.

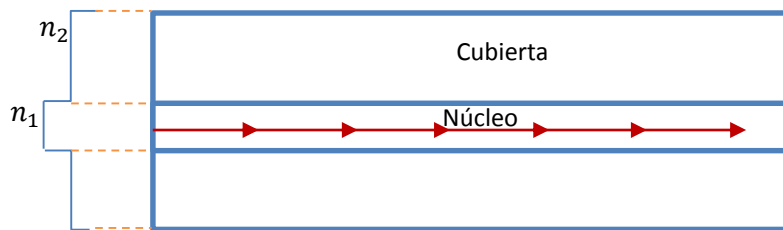


Figura 1. 4. Propagación de luz en fibra monomodo de índice abrupto  
Fuente: propia

### 1.3. Factores que afectan al medio de transmisión de fibra óptica.

La propagación de luz a través de la fibra óptica como medio de transmisión puede verse afectada por dos componentes: atenuación y dispersión. La atenuación es la pérdida de potencia a través del medio expresada en dB (decibeles) y se mide generalmente como una tasa de pérdida por unidad de distancia (dB/Km), entre algunos factores de atenuación tenemos: pérdidas por absorción, pérdidas por curvatura y pérdidas por unión. La dispersión es el otro elemento que afecta a la fibra óptica limitando el ancho de banda y la detección correcta de pulsos en el receptor óptico, entre los factores de dispersión se tiene: dispersión intermodal, dispersión intramodal y dispersión por modo de polarización. A continuación se describen todos los factores antes mencionados que afectan la propagación de luz a través del medio de transmisión de fibra óptica.

### 1.3.1. Pérdidas por absorción.

En el paso de la radiación óptica por la fibra óptica se introducen pérdidas por absorción, las cuales proceden del propio material y las impurezas que pueda contener. Las impurezas presentes en la fibra absorben la luz, y en consecuencia genera la pérdida de potencia.

Las pérdidas típicas por absorción en las bandas de 1300nm están alrededor de 0,05dB/Km y para 1550nm en 0,09 dB/Km [4].

### 1.3.2. Pérdidas por curvaturas.

Una curva en el cable de FO puede afectar al ángulo crítico en esa zona específica. Esto genera que parte de la luz se refracte, produciéndose una pérdida de potencia. Existen dos tipos de curvaturas: macrocurvatura y microcurvatura.

Una macrocurvatura ocurre cuando se curvan demasiado los cables, esto hace que los haces de luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna (ver Figura 1.5).

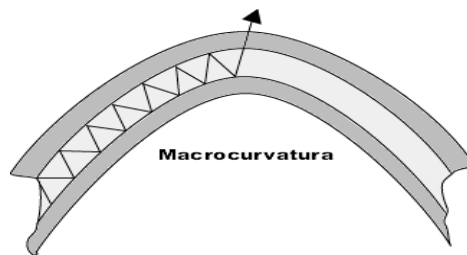


Figura 1. 5. Macrocurvatura  
Fuente: [1]

En el proceso de manufactura del cable de FO, las fibras son introducidas de manera diferente en los buffers, como consecuencia de esto aparecen microcurvaturas (ver Figura 1.6), las cuales generan pérdidas.

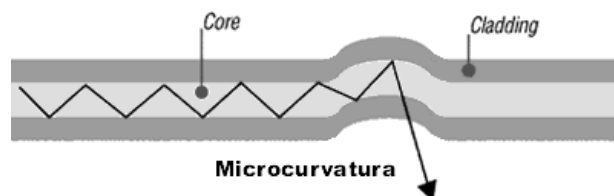


Figura 1. 6. Microcurvatura  
Fuente: [1]

### 1.3.3. Pérdidas por unión.

Estas pérdidas se producen al realizar empalmes de fibras mediante la fusión y unión de las mismas, este empalme se logra cuando las fibras a unir llegan a una temperatura suficientemente alta como para fundirse, alcanzando atenuaciones típicas de los 0.1dB.

### 1.3.4. Dispersión intermodal.

La dispersión intermodal, más conocida como dispersión modal causa un ensanchamiento de los pulsos que están siendo transmitidos y se da debido a los retardos de propagación entre los distintos modos de propagación (ver Figura 1.7), por lo tanto este tipo de dispersión afecta únicamente a las fibras del tipo multimodo.

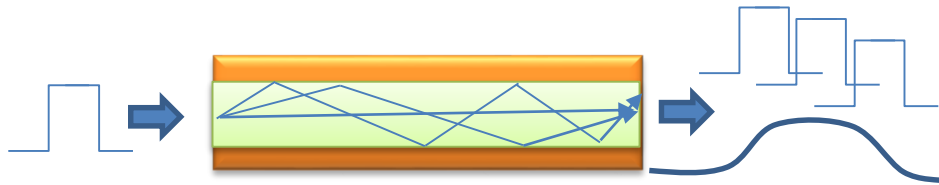


Figura 1. 7. Dispersión intermodal  
Fuente: Propia

### 1.3.5. Dispersión intramodal.

La dispersión intramodal o también conocida como dispersión cromática se denomina así debido a que las longitudes de onda no se propagan a la misma velocidad y por lo tanto llegan en diferentes tiempos, causando el ensanchamiento de los pulsos de luz dentro de un mismo modo de propagación(ver Figura 1.8). Esta dispersión se puede dar en tipos de fibra monomodo y multimodo.

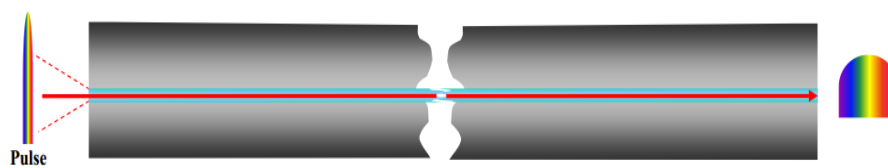


Figura 1. 8. Dispersión intramodal  
Fuente: [5]

### 1.3.6. Dispersión por modo de polarización.

La dispersión por modo de polarización o PMD afecta principalmente a las fibras monomodo, lo que limita considerablemente la capacidad de transmisión de bits especialmente a altas velocidades.



Cuando se propagan las señales de luz en la fibra óptica estas viajan en dos modos de polarización, y se mueven formando un ángulo recto uno del otro, pero debido a que la fibra no es perfectamente circular y tiene deformaciones, torsión o curvaturas que sufre la fibra en su tendido, los dos modos de polarización viajan en diferentes velocidades [6], en la Figura 1.9 podemos observar este fenómeno.

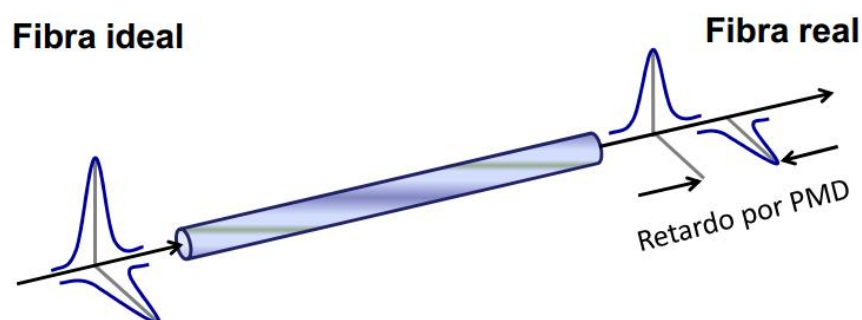


Figura 1. 9. Dispersión por modo de polarización  
Fuente: [5]

## 2. Sistemas de comunicaciones ópticas

Los sistemas de comunicaciones ópticas utilizan fibras ópticas como líneas de transmisión para enviar y recibir información. Un sistema de comunicaciones ópticas, difiere de los otros sistemas de comunicaciones en la longitud de onda de la señal empleada [7], por ejemplo las utilizadas en microondas se encuentran en el orden de los centímetros mientras que las usadas aquí están en torno a una micra. Esto conlleva a que la capacidad de un sistema óptico pueda ser hasta 10000 veces mayor que el de un sistema de microondas. A continuación se describen los componentes de un sistema de comunicaciones ópticas.

### 2.1. Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas.

Básicamente un sistema de comunicaciones ópticas está constituido por 3 elementos: transmisor, canal de transmisión de fibra óptica y receptor.

En la Figura 1.10 se observa un esquema de un sistema de comunicaciones ópticas. En donde la señal eléctrica a transmitir que llega al transmisor es convertida en una señal óptica modulada, para luego enviarla a través del medio de transmisión de fibra óptica hacia el receptor, el cual recupera la señal eléctrica original.

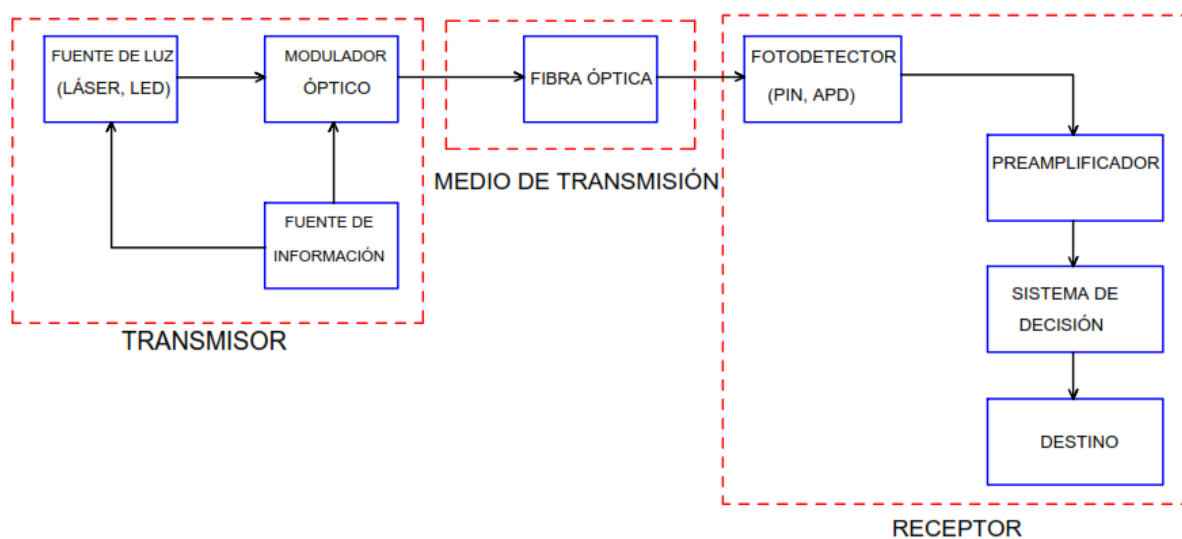


Figura 1. 10. Elementos de un sistema de comunicación por fibra óptica.  
Fuente: [3]

### 2.1.1. Transmisores ópticos.

El transmisor en un sistema de comunicaciones ópticas cumple la función de convertir una señal eléctrica en una señal óptica, para luego enviarla a través del canal de comunicación de fibra óptica. Los componentes de un transmisor óptico son: un circuito modulador y una fuente óptica, la cual es en esencia una fuente de luz, entre las más comunes están los diodos LED y láser.

### 2.1.2. Receptores ópticos.

Los receptores ópticos son los componentes ubicados en el extremo final de un enlace óptico, donde se recupera la información transmitida a través de la fibra óptica.

El receptor está compuesto por: un fotodetector, un preamplificador y un circuito de decisión. En el fotodetector es donde se genera la conversión óptica-eléctrica, entre los fotodetectores más usuales se tienen al fotodiodo PIN y APD. El preamplificador cumple la función de llevar la señal eléctrica al nivel adecuado para el ingreso al circuito de decisión, el cual es el encargado de recuperar correctamente la señal original.

## 3. Redes de acceso FTTx

Las limitaciones de ancho de banda en redes de acceso tradicionales basadas en cobre, con tecnología xDSL (Línea Digital del Suscriptor), en la actualidad han sido solucionadas con arquitecturas de despliegue de fibra óptica en tramos parciales o totales de acuerdo a la proximidad del usuario final.

A estas arquitecturas de redes se las conoce con el acrónimo FTTx (del inglés Fiber To The X) y en castellano (Fibra hacia X), donde la X hace referencia a los puntos de terminación de fibra óptica. A continuación se describen las diferentes configuraciones de FTTx:

### **3.1. FTTN (Fiber to the node).**

Fibra hasta el nodo, el tendido de la fibra parte desde la central del operador hacia un nodo de distribución construido en la cercanía de un vecindario o barrio, a partir de este nodo se utiliza el par de cobre que supera la distancia de los 300m para llegar al usuario final.

### **3.2. FTTC (Fiber to the Curb).**

Fibra hasta el gabinete o esquina, al igual que la anterior arquitectura, el trayecto de fibra comienza desde la central del operador hacia un punto de corte lo más cercano a los usuarios, a partir del cual se utiliza cobre a una distancia máxima de 300m para la distribución a los clientes finales.

### **3.3. FTTB (Fiber to the Building).**

Fibra hasta el Edificio, el tendido de fibra óptica parte desde central del operador hasta una caja de distribución ubicada en el edificio, de donde se distribuye a cada uno de los usuarios finales mediante cobre.

### **3.4. FTTH (Fiber to the Home).**

Fibra hasta la casa, toda la conexión cliente-servidor está basada en fibra óptica, es decir el tendido de fibra óptica inicia desde la central del operador hasta la casa de cada uno de los usuarios finales.

## **4. Redes xPON**

Las Redes Ópticas Pasivas (PON) son redes de fibra óptica que utilizan elementos pasivos entre la conexión cliente-servidor, es decir toda la planta externa no contendrá elementos activos, los cuales requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

Con el pasar de los años han ido mejorando las características de redes xPON, las cuales se mencionan a continuación:

### **4.1. APON(ATM PON)**

Establecida en la recomendación UIT-T G.983, APON fue la primera red que definió la FSAN(Full Service Access Network), era un grupo formado por 7 operadores de

telecomunicaciones con el fin de agrupar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas. APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONTs que estén conectadas. En canal descendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento [8].

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

Son redes pasivas de banda ancha, basadas en el anterior estándar (APON), pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir, tráfico asimétrico: canal descendente -> 622 Mbps, canal ascendente -> 155 Mbps y tráfico simétrico: canal descendente y ascendente -> 622 Mbps [8].

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

Definido en el estándar IEEE 802.3 ah, se basa en la utilización del mismo formato de paquetes Ethernet en lugar de celdas ATM [9]. EPON ofrece velocidades bidireccionales de transmisión de 1 Gb/s, en downstream en 1490nm de longitud de onda, upstream en 1310, y 1550nm reservado para los servicios de extensión, tales como transmisión de video analógico.

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

Las redes ópticas pasivas con capacidad gigabit, están definidas por la ITU bajo el estándar G.984 series [1-5], estas redes son de alta capacidad, su objetivo se ha inclinado a llevar un gran ancho de banda a cada usuario final. Su alcance físico actual es de 20Km, aunque está padronizada para un alcance lógico de 60Km.

Esta tecnología ofrece transmisión bidireccional, de forma asimétrica o simétrica, con tasas de transmisión de 1.2 Gbps subida / 2.4 Gbps bajada y 2.4 Gbps subida / 2.4 Gbps bajada.

GPON soporta servicios triple play (telefonía, Internet, televisión) y una gama de aplicaciones. Así como también diferentes arquitecturas; FTTH, FTTN, FTTC, FTTB. Una de sus grandes ventajas es su compatibilidad con cualquier tipo de servicio como: TDM, Ethernet, ATM, entre otros. Esto gracias a su método de encapsulamiento basado en el protocolo GEM (Generalized Encapsulation Method).

#### 4.4.1. Arquitectura GPON

Estas redes se basan en una arquitectura punto-multipunto, así la señal parte desde el equipo denominado Terminal de Línea Óptica (OLT) ubicado en la central del operador, hacia divisores ópticos, los cuales dividen las señales ópticas, para pasar a los terminales ONTs (Optical Network Terminal) instalados a los usuarios finales (ver Figura 1.11).

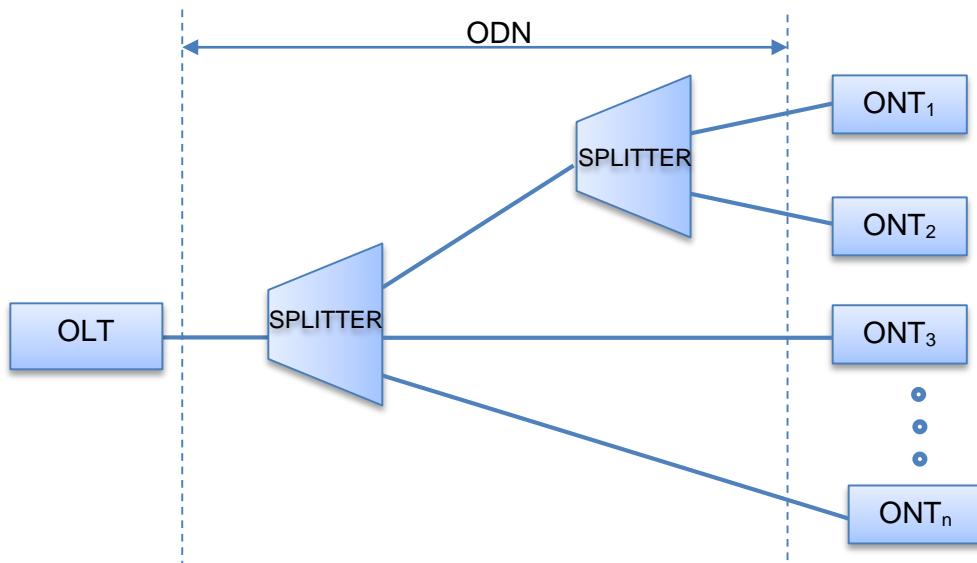


Figura 1. 11. Arquitectura GPON  
Fuente: propia

Las redes GPON se componen principalmente de tres partes fundamentales: la Terminal de Línea Óptica (OLT), Red de Distribución Óptica (ODN), y la Terminal de Red Óptica (ONT).

La OLT es un equipo activo que se encuentra en la oficina central del operador, su objetivo principal es interconectar la red de acceso con la ODN, además, sincroniza y administra el tráfico tanto ascendente como descendente.

La ODN corresponde a la componente pasiva de una red GPON dado que es toda la infraestructura óptica que se ve desde la OLT hasta la ONT. La ODN se compone por elementos ópticos pasivos, tales como: fibra óptica, conectores, splitter, atenuadores, empalmes, entre otros.

Las ONTs son los equipos terminales activos que se los ubica en las casas de los abonados y es en donde se conectan los servicios que se brindan desde la OLT. Estos equipos pueden contar con interfaces como Ethernet, Wi-Fi, puertos para IPTV y para servicio telefónico [6].

#### **4.4.2. Recomendación UIT-T G.984.**

La recomendación UIT-T G.984 es una familia de recomendaciones que define las redes GPON. Esta recomendación se conforma de cinco partes: [10]

- **UIT-T G.984.1, Características Generales:** incluye una introducción a las redes GPON, así como sus características generales como ejemplos de servicios, de interfaces usuario-red e interfaces de nodo de servicio, necesarios para los operadores de red.
- **UIT-T G.984.2, Nivel Físico:** en esta recomendación el objetivo principal es detallar las redes de acceso flexible que utilizan la tecnología de fibra óptica, centrándose principalmente en los servicios de soporte de red con requisitos de mayor ancho de banda. También se incluyen especificaciones para el manejo de la capa dependiente de medios físicos PMD, y se explica el manejo simétrico y asimétrico de la señal con referencia a las diferentes velocidades de transmisión que ofrece GPON.
- **UIT-T G.984.3, Transmisión:** incluye la descripción de la capa de convergencia de transmisión TC, además se indican características de las redes PON, la estructura de trama, el método de control de acceso al medio y la seguridad en redes GPON.
- **UIT-T G.984.4, OMCI:** aquí se contemplan las especificaciones de la interfaz de control y gestión OMCI (ONT Management and Control Interface) en la terminal de red óptica ONT; el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información de gestión o manejo MBI (Management Information Base) independiente del protocolo de comunicación entre OLT y ONT.
- **UIT-T G.984.5, WDM:** se detallan los rangos de longitud de onda reservados para la implementación de servicios adicionales que se superpone a través de WDM (Wavelength division multiplexing).

#### **5. Elementos de unión para fibras en planta externa de una ODN**

Como se mencionó en el apartado anterior, la ODN corresponde a la componente pasiva en una red GPON, siendo toda la infraestructura que se ve desde la OLT hasta la ONT. A continuación se mencionan los elementos de conexión para fibras en planta externa de una ODN.

### 5.1. ODF (Optical Distribution Frame).

Distribuidor de fibra óptica, es el punto donde llegan los hilos de fibra óptica facilitando la interconexión y derivaciones de cables de FO, generalmente estos van ubicados en la central del operador.



Figura 1. 12. Distribuidor de fibra óptica  
Fuente: [11]

### 5.2. Splitter óptico.

Un splitter óptico es un dispositivo que toma la señal de entrada óptica y la divide en  $n$  ramas de salidas, esta característica los hace fundamentales en las nuevas redes FTTH/GPON.

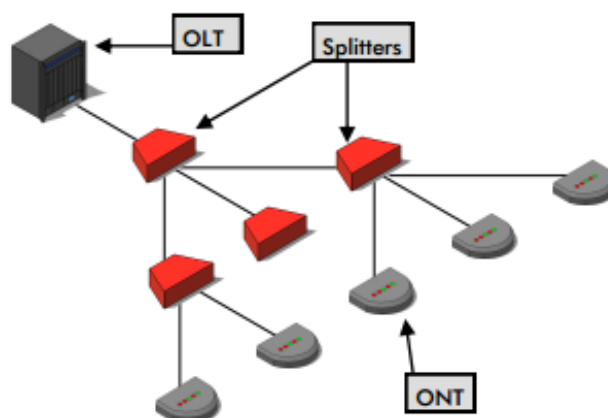


Figura 1. 13. Estructura de una red GPON con splitter óptico  
Fuente: [12]

### 5.3. FDH (Fiber Distribution Hub).

Concentrador de Fibra óptica o también denominados Armarios Ópticos (ver Figura 1.14), son armazones a base de material de fibra de vidrio, en su interior pueden alojar compartimentos diferenciados, bandejas destinadas a contener los splitters ópticos.



Figura 1. 14. Armario óptico  
Fuente: [13]

#### 5.4. NAP (Network Access Point).

La NAP o también conocida como caja de distribución óptica, tiene la finalidad de ser el punto de conexión entre el cable de distribución y el de acometida hacia los abonados. Este tipo de cajas ópticas pueden ser ubicadas de forma aérea en postes, canalizadas en pozos o adosadas a la pared.

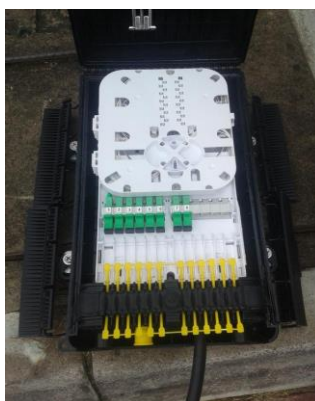


Figura 1. 15. Caja de distribución óptica  
Fuente [14]

#### 5.5. Conectores ópticos.

Los conectores ópticos son accesorios que permiten acoplar los extremos de los hilos de la fibra óptica para facilitar la conexión y desconexión entre los equipos ópticos.

Existen diferentes tipos de conectores, entre ellos están los metálicos para terminaciones FC o ST y los plásticos para terminaciones SC y LC (ver Figura 1.16), todos estos deben ser fabricados bajo los estándares IEC (International Electrotechnical Commission) y la TIA (Telecommunication Industry Association).





Figura 1. 16. Conectores ópticos  
Fuente: [15]

### 5.6. Pigtail.

Es un cable de fibra óptica de corta distancia, en el cual uno de sus extremos está asociado un conector, este sirve para conectarse con el equipo de la central, mientras que el otro extremo del cable es empalmado con la fibra que llega del exterior.



Figura 1. 17. Pigtail  
Fuente: [11]

### 5.7. Mangas de empalme.

Son accesorios que se utilizan para proteger los empalmes de hilos de fibra óptica, están construidas de material impermeable y resistente a la tensión.



Figura 1. 18. Manga de empalme  
Fuente: [11]

## 5.8. Cables de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica para planta externa deben cumplir la norma ITU-T G.652-D para enlaces troncales y redes de distribución, mientras que para cables de acometida hacia los abonados la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2 [11].

En tendidos subterráneos de cable de FO, los más utilizados son: cable de ducto y cable blindado para enterrado directo.

Para tendidos aéreos de cable de FO existen dos tipos. A continuación se presenta el detalle de los mismos.

Cable ADSS (All-Dielectric Self Supported) con capacidad de 6 a 256 hilos, utiliza preformados de sujeción a herrajes tipo A.

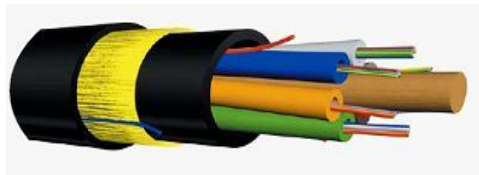


Figura 1. 19. Cable ADSS  
Fuente: [11]

Cable Figura 8, con capacidad de 4 a 96 hilos, cuenta con un mensajero de acero que sirve para sujeción en los herrajes tipo A y B.



Figura 1. 20. Cable figura 8  
Fuente: [11]

## 5.9. Preformado para cable de fibra óptica ADSS.

Es utilizado para sostener el cable de fibra óptica tipo ADSS en el herraje tipo A, mediante un guardacabos denominado Thimble Clevis.

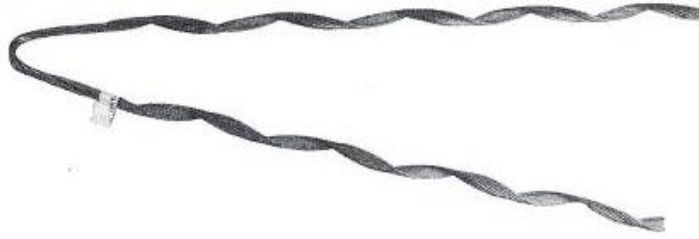


Figura 1. 21. Preformado para cable de fibra óptica  
Fuente: [11]

### 5.10. Thimble clevis.

Es un tipo de guardacabos a través del cual se sujeta el preformado al brazo extensor del herraje de retención.

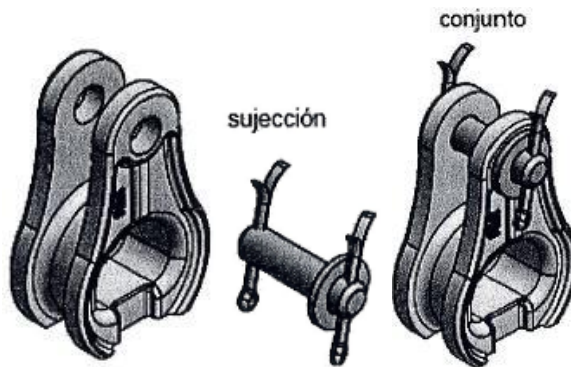


Figura 1. 22. Thimble clevis  
Fuente: [11]

### 5.11. Subida a poste.

Es un accesorio de acero galvanizado, que se lo utiliza para la protección del cable de fibra óptica, en el tramo de pozo a poste.



Figura 1. 23. Accesorio de subida a poste  
Fuente: [16]

## 5.12. Herrajes.

Los herrajes son accesorios de acero galvanizado, se los utiliza para el tendido de cable de fibra óptica tanto aéreo como canalizado. A continuación se menciona algunos tipos de herrajes.

### 5.12.1. Herraje de retención.

También denominado herraje tipo A, permite sujetar el mensajero del cable de fibra óptica figura 8, y el Thimble Clevis para el cable ADSS, se los coloca generalmente en los postes, en donde existan empalmes y cambios de trayectoria en el tendido del cable de fibra.



Figura 1. 24. Herraje tipo A  
Fuente: [11]

### 5.12.2. Herraje de suspensión.

Conocido también como herraje tipo B, se los emplea cuando existen tramos rectos de tendido de cable de fibra óptica, teniendo en consideración que cada dos herrajes de suspensión se debe colocar un herraje de retención.

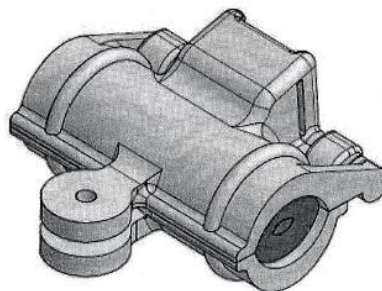


Figura 1. 25. Herraje tipo B  
Fuente: [11]

### 5.12.3. Kit de herraje de pozo.

Es todo un conjunto de accesorios, que aseguran la fijación del cable de fibra óptica dentro de un pozo o cámara subterránea. El kit está compuesto de los siguientes elementos: 4 pernos de empotramiento, 2 porta consolas, 2 consolas, 2 sujeta cables grandes, 2 sujeta cables pequeños, 8 pernos.



Figura 1. 26. Kit de Herraje de pozo  
Fuente: [16]

### 5.13. Porta reservas en pozo.

Permite la fijación ordenada de las reservas de cable de fibra óptica, proyectadas en un enlace óptico.

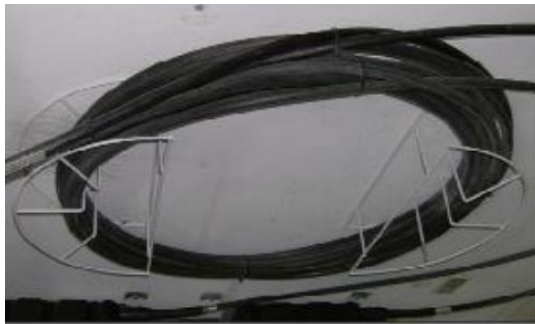


Figura 1. 27. Porta reserva en pozo  
Fuente: [6]

### 5.14. Manguera corrugada 3/4".

También denominada tubo cóflex 3/4 ", se la utiliza para recubrir el cable de fibra óptica al momento del tendido, por un pozo o cámara subterránea.



Figura 1. 28. Manguera corrugada  
Fuente: [11]

### 5.15. Tapón simple 1 ¼ pulgada.

Se los utiliza para el sellado de un monoducto en presencia de cable de fibra óptica, en los pozos o cámaras subterráneas.



Figura 1. 29. Tapón simple  
Fuente: [11]

### 5.16. Tapón ciego 1 ¼ pulgada.

Utilizado para taponar los ductos libres de los pozos, esto da protección al cable de fibra óptica, ante la posible entrada de roedores y lodo que pueda ingresar en tiempo de lluvias.



Figura 1. 30. Tapón ciego  
Fuente: [11]

## **CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA ODN CON TECNOLOGÍA GPON**

En este Capítulo se realiza el diseño de la ODN para la CNT EP, cuyo sector de estudio fue definido por la misma empresa. Primeramente se realiza un estudio de demanda, determinando la demanda actual, potencial y total de servicios de telecomunicaciones, esto se lleva a cabo mediante un trabajo de campo, un censo, el cual consiste en recorrer calle a calle el sector e ir encuestando cada predio con su respectivo código catastral, de acuerdo a un mapa predial georreferenciado facilitado por el GAD Municipal de Loja. Una vez culminado el estudio de demanda, y en función de la demanda total e índices de crecimiento poblacional, se hace un análisis del comportamiento de la demanda futura a 10 años, tiempo que se considera la vida útil de los cables y equipos ópticos. Posteriormente se ubica en el plano catastral georreferenciado la demanda total de usuarios finales a considerarse, a partir de esto se comienza a diseñar la ODN, la cual consta de la siguiente secuencia:

- Diseño de red de dispersión.
  - Diseño de red distribución.
  - Diseño de red troncal FEEDER.
  - Diseño de la obra civil (canalización).
  - Esquema de empalmes.
  - Balance óptico.





## 2. Estudio de demanda

Para determinar la demanda actual y potencial del sector de estudio se realizó un modelo de encuesta (Anexo 1) y mediante un censo se encuestó a cada predio del sector en base a un plano catastral georreferenciado.

La información que se obtiene mediante encuestas son los servicios de telecomunicaciones actualmente instalados, empresas proveedoras, requerimientos de algún servicio, precios de los servicios, calidad del servicio e información adicional como el número de lotes baldíos y lotes con casas en construcción.

Una vez culminado el censo en el sector de estudio se obtuvo un total de 1604 encuestas, aplicadas a 1340 predios, el número mayor de encuestas con respecto a los predios, se debe a que en algunos predios existe más de un abonado. De las 1604 encuestas, 219 representan lotes baldíos quedando un total de 1385 encuestas válidas para el análisis de demanda actual y potencial.

### 2.1. Demanda actual.

Basándose en el total de encuestas validas se contabiliza el número de abonados actuales en el sector de estudio. En la tabla 2.1 se detalla el resultado total de la demanda actual de los servicios de telecomunicaciones.

Tabla 2.1. Demanda de servicios de telecomunicaciones

<b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b>
--

Fuente: propia

<b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b>
--

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Figura 2. 2. Demanda actual del servicio de Internet  
Fuente: propia

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Figura 2. 3. Demanda actual del servicio de televisión pagada  
Fuente: propia

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

## 2.2. Demanda potencial.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

## 2.3. Demanda total.

La demanda total representa el número de abonados finales que se consideran en el diseño de la ODN para la CNT EP, así, está es el resultado de la suma entre la demanda actual y la potencial calculadas anteriormente.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Tabla 2.2. Demanda total de la CNT EP en base a encuestas

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Fuente: propia

## 2.4. Crecimiento de la demanda.

Tomando en cuenta parámetros como el tiempo de vida útil de los equipos ópticos, planes operativos de la empresa, y la posibilidad de implementar nuevas tecnologías, se ha considerado que la vida útil de la ODN será de 10 años, de esta manera se realiza el cálculo del comportamiento de demanda a este tiempo, con la tasa del 1.1% [18] de crecimiento de la población de la ciudad de Loja, a continuación se realiza el cálculo.

La fórmula [19] que se utiliza para la predicción de la demanda es la siguiente:

$$D(t) = D_0(1 + i)^t \quad (2.1)$$

Donde:

$D(t)$ : Demanda proyectada en el tiempo

$D_0$ : Demanda actual

$i$ : Porcentaje de crecimiento

$t$ : Tiempo

Tomando en cuenta que:

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Figura 2.4. Crecimiento anual de abonados  
Fuente: propia

### 3. Diseño de la ODN con tecnología GPON

#### 3.1. Consideraciones generales.

El diseño de la ODN se la realiza bajo las normativas vigentes de CNT EP, entre las que se nombran:

- ✓ “NORMA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIÓN CON FIBRA ÓPTICA” [11].
- ✓ “NORMAS TÉCNICAS PARA DIBUJO GEORREFERENCIADAS DE REDES DE PLANTA EXTERNA: CANALIZACIÓN, REDES TELEFÓNICAS DE COBRE, ENLACES DE FIBRA ÓPTICA Y REDES GPON/FTTH” [20].
- ✓ “NORMATIVA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA OPTICA ODN” [21]

Se utiliza el modelo de arquitectura GPON de la CNT EP (ver Figura 2.5), para soportar servicios comerciales, con tasas nominales de dirección downstream de 2.4 Gbps y 1,2 Gbps upstream.

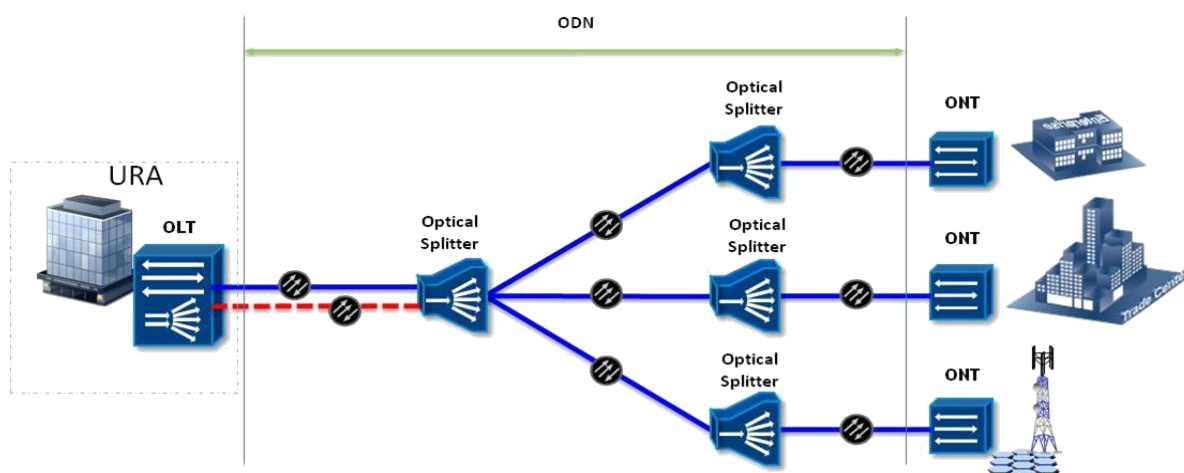


Figura 2.5. Modelo general de arquitectura GPON CNT EP  
Fuente: [22]

El diseño de la ODN en el sector de estudio se lo realiza en base al Modelo “Masivos/Casas” (Figura 2.6) de la CNT EP.

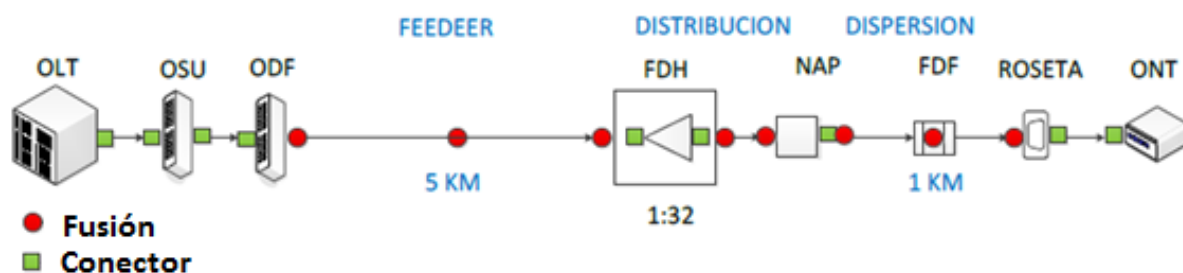


Figura 2. 6. Modelo masivos/casas de la CNT EP.  
Fuente: [21]

Considerando la demanda total determinada en el sector de estudio y en base al modelo “Masivos/Casas” de la CNT EP, el diseño de la ODN tiene la siguiente secuencia:

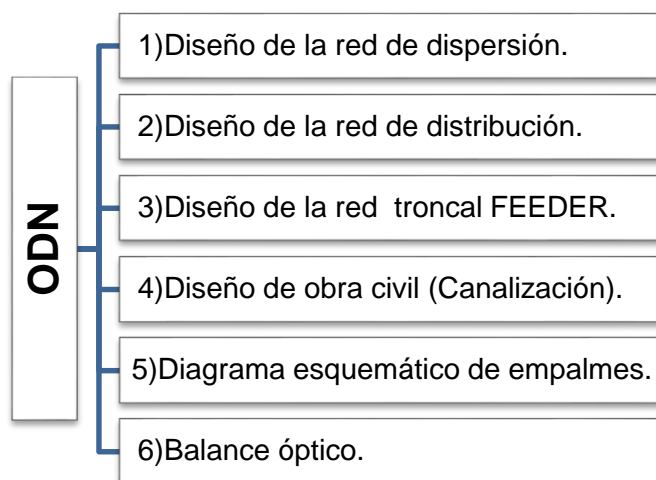


Figura 2.7. Secuencia de diseño para la ODN.  
Fuente: propia

### 3.2. Diseño de la red de dispersión.

La red de dispersión se define como el área de influencia (dispersión) de una caja de distribución óptica (NAP), es decir la cantidad de abonados a servirse de dicha caja conforma el área de dispersión.

Las consideraciones generales para el diseño de la red de dispersión de acuerdo a las normas de la CNT EP son las siguientes:

- ✓ Ubicar la demanda total en el mapa catastral georreferenciado en sus respectivos predios, para formar las áreas de influencia.
- ✓ Para definir el área de influencia de una NAP, se considera una ocupación del 80% y un 20% para ampliación de la capacidad total de las NAPs.
- ✓ La red de dispersión no sobrepasara los 300 metros.
- ✓ No se debe cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometidas aéreos, en este caso se instala una NAP al otro lado de la vía principal
- ✓ En el plano georreferenciado se deben dibujar los perímetros de las áreas de dispersión definidas por NAP y ubicar este elemento en poste, pozo o pared.

Ya para el diseño de la red de dispersión en el sector de estudio, se toma las consideraciones antes mencionadas. Como primer punto se ubicó la demanda total de abonados con el símbolo de ONT en el predio correspondiente del plano catastral georreferenciado. Luego tomando en cuenta que la capacidad máxima de una caja óptica es de 12 abonados o ONTs, y según la norma se utiliza el 80% de su capacidad, en el diseño se agrupa en un número de

10 ONTs máximo por caja de distribución óptica, dejando las 2 ONTs restantes para atender la demanda futura. Por último se ubican las cajas de dispersión en poste, procurando que quede lo más céntrica posible con respecto a las ONTs que cubrirá. A continuación se observa un ejemplo de como se formó un área de dispersión de una caja de distribución óptica (NAP).

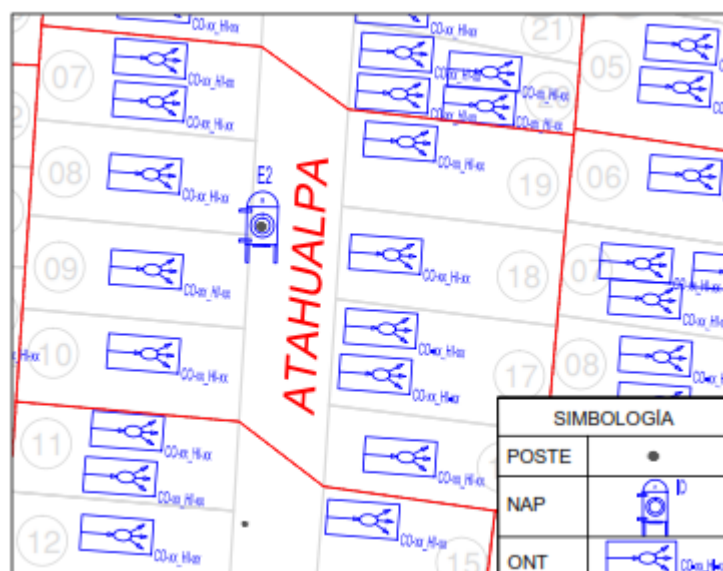


Figura 2.8. Ejemplo de área de dispersión de una NAP.  
Fuente: propia

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Los resultados del diseño completo de la red de distribución óptica se pueden observar en los planos del Anexo 2.

### 3.3. Diseño de la red de distribución.

La red de distribución comprende la conexión de los armarios ópticos FDH con las cajas de distribución óptica NAPs. Para el diseño se ha considerado algunos parámetros establecidos en las normas técnicas de la CNT EP tales como:

- ✓ La capacidad de los armarios ópticos es de 288 abonados, estos interiormente tienen instalados 9 splitters de relación de división de 1:32.
- ✓ De los armarios de distribución (FDH) salen cables de fibra óptica G.652D aéreos o canalizados de baja capacidad de 12, 48, 72 y 96 hilos para alimentar las cajas de dispersión ópticas (NAP).
- ✓ El área de cobertura de un FDH comprende la suma de las áreas de dispersión de las NAPs que lo conforman, a esta se la denomina distrito.
- ✓ Un FDH de 288 clientes comprende hasta 24 áreas de dispersión o lo que es lo mismo 24 NAPs.



Con los aspectos antes mencionados se comienza a diseñar la red de distribución en la zona de estudio, así lo primero que se hace es formar el área de cobertura de los armarios FDH, realizando agrupaciones en un máximo de 24 áreas de dispersión por cada uno, como resultado de estas agrupaciones se obtuvo un total de 9 armarios FDH, a estos se los ubico en un punto lo más céntrico posible dentro de su área de cobertura de máximo 1 km. Como segundo punto se proyectó las rutas para el tendido del cable de fibra óptica ADSS G.652D de capacidades de 12, 24, 48 y 96 hilos, los cuales salen del FDH hacia las cajas de distribución óptica, cabe recalcar que en este proceso se hizo un trabajo de campo verificando la disponibilidad de postería y ductos en canalización, además de la utilización de mangas de empalme donde se requirió alguna derivación y herrajes de sujeción para cable en postes o pozos. A continuación se observa un ejemplo de una parte del diseño de red de distribución del tercer armario óptico de la red GPON.

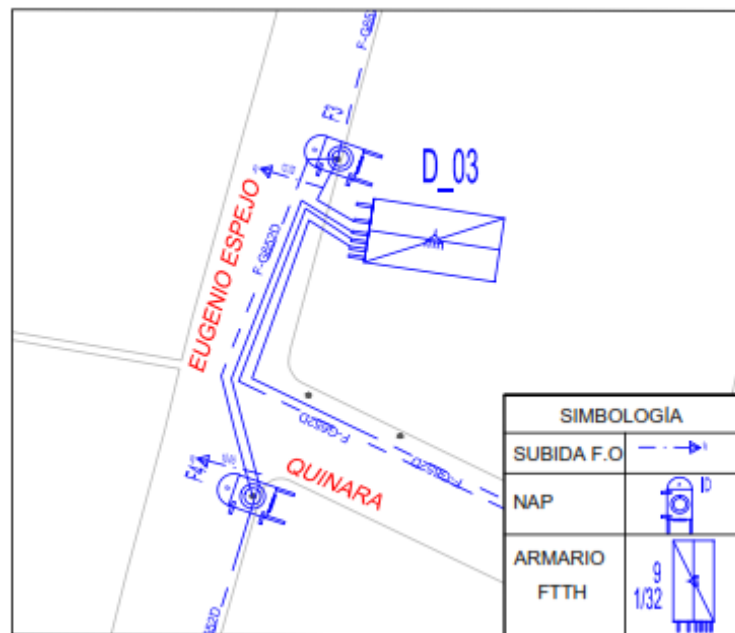


Figura 2.9. Ejemplo de diseño de red distribución del tercer armario óptico GPON.  
Fuente: propia

Los resultados del diseño completo de la red de distribución se encuentran en los planos del Anexo 3.

### 3.4. Diseño de la red troncal FEEDER.

La red troncal FEEDER comprende la conexión de la OLT con los armarios FDH. Antes del diseño de la red troncal FEEDER se identificó la infraestructura existente de rutas de canalización y equipos ópticos, así se tiene que la CNT EP dispone de una OLT ubicada en el edificio administrativo en el centro de la ciudad de Loja, en las calles José Antonio Eguiguren entre Bernardo Valdivieso y José Joaquín de Olmedo.

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño de acuerdo a las normas técnicas de la CNT EP son:

- ✓ El tendido del cable troncal FEEDER debe ser canalizado.
- ✓ Se considera para la red troncal FEEDER cables de fibra óptica de alta capacidad de 144 o 288 hilos bajo el estándar ITU-T G.652D.
- ✓ Cada armario debe fusionarse con un cable de fibra óptica de baja capacidad de 12 hilos bajo el estándar ITU-T G.652D.
- ✓ Para derivaciones de cable troncal FEEDER se podrá utilizar cables de fibra óptica de baja capacidad de 12, 48, 72 y 96 hilos bajo la norma ITU-T G.652D.

Para el diseño de la red troncal FEEDER en el sector de estudio y teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas, primero se dimensiona la capacidad del cable troncal FEEDER que saldrá desde la OLT existente de la CNT EP para cubrir los 9 armarios FDH determinados en la red de dispersión, para ello sabiendo que por cada armario deben fusionarse 12 hilos, se necesitara 108 hilos para cubrir los 9 armarios, de esta manera se escogió un cable normalizado de 144 hilos, quedando 36 hilos en reserva para un crecimiento futuro de demanda. Seguidamente se planifico la ruta del tendido de cable troncal FEEDER de 144 hilos utilizando la canalización existente de la CNT EP y proyectando canalización en lugares que no exista, quedando el cable totalmente canalizado. Finalmente en el trayecto de tendido de cable troncal FEEDER se proyectó dos mangas de empalme subterráneas, en la primera se derivan dos cables de baja capacidad de 12 y 24 hilos para conectar los tres primeros armarios, mientras que en la segunda manga se derivan tres cables de 12, 24 y 48 hilos para conectar los 6 armarios restantes. Los resultados del diseño completo de la red troncal FEEDER se encuentran en los planos del Anexo 4.

### **3.5. Diseño de la obra civil (canalización).**

Es la infraestructura civil que ubicados bajo la superficie del terreno, sirve de alojamiento y protección a cables de la red de telecomunicaciones. Se compone de dos elementos: la canalización (conjunto de ductos) y pozos de revisión (cámaras) [23].

Para el diseño primeramente se tomó en cuenta las rutas de cables que se planificó instalar en forma subterránea tanto en la red FEEDER como en la de distribución. Una vez identificadas las rutas se proyecta en vías principales tramos máximos de 100m de canalización de 4 vías más dos triductos (ver Figura 2.10) con pozos de revisión de 48 bloques, y en calles secundarias tramos máximos de 100m de canalización de 2 vías más dos triductos igualmente con pozos de 48 bloques, solo en el caso del ingreso de cables a los armarios FDH se considera pozos de 80 bloques, finalmente para las subidas a poste se

proyecta canalización de 2 vías con pozos de mano. Los resultados del diseño completo de la canalización se encuentran en los planos del Anexo 5.

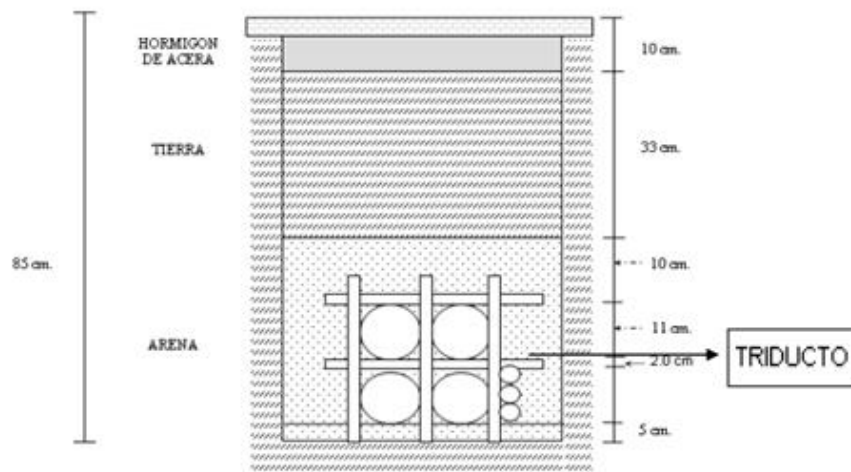


Figura 2.10. Esquema de canalización de cuatro vías más triducto  
Fuente: [23]

### 3.6. Diagrama esquemático de empalmes.

Es un plano que permite visualizar de una manera rápida y sencilla la distribución de cables con sus derivaciones o empalmes que conectan todos los elementos de la ODN. Así se realiza un esquemático tanto para la red troncal FEEDER como de la red de distribución, indicando las capacidades de cables, cajas de distribución óptica, derivaciones en empalmes, armarios ópticos. Cabe recalcar que en el plano de diagrama de empalmes no se incluye planimetría del sector ni distancias de los cables. Los planos de esquema de empalmes de la red troncal FEEDER y red de distribución se pueden observar en el Anexo 6.

### 3.7. Balance óptico de la red GPON.

#### 3.7.1. Consideraciones generales.

El balance óptico permite determinar si los equipos activos de la red GPON van a detectar y soportar la potencia de la señal que se propaga en el sistema, evitando daños en los mismos o sobrecarga de potencia.

Para el cálculo del balance óptico se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_r = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad (2.2)$$

Donde:

$P_r$ : Potencia recibida (dBm).

$P_{TX}$ : Potencia máxima de emisión del transmisor óptico (dBm).

$\alpha_{TOTAL}$ : Atenuación total (dB).

Bajo este concepto se considera según la norma G.984.2 los umbrales mínimos y máximos de potencia óptica en la conexión entre OLT y ONT, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 2.3. Umbrales mínimos y máximos de potencia óptica de OLT y ONT

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

Fuente: [22]

Para determinar el valor total de atenuación, se suman todas las pérdidas que generan los elementos de la ODN, en la Tabla 2.4 se puede observar las atenuaciones típicas de los mismos.

Tabla 2.4. Atenuaciones típicas de elementos de ODN

Descripción	Atenuación típica
<b>Conectores</b>	0.5dB
<b>Empalmes por fusión</b>	0.1dB
<b>Armario óptico (9 splitters 1x32)</b>	17.5dB
<b>Fibra longitud de onda 1310nm</b>	0.35dB/Km

Fuente: [22]

### 3.7.2. Cálculo de balance óptico.

Una vez diseñado los planos de la red ODN se procede a realizar el cálculo del balance óptico en base al modelo “Masivos/Casas” de la CNT EP de la Figura 2.6.

Primeramente se calcula el valor de atenuación total, para lo cual se determina en las rutas de conexión OLT-ONT (usuario más lejano) y OLT-ONT (usuario más cercano), el número de conectores, fusiones por empalme, splitters y la longitud del cable de fibra óptica. Así de esta manera en los planos diseñados de la ODN se identifica el abonado más lejano, tendiendo como resultado la ruta que parte desde la OLT hacia el armario FDH # 9, luego pasando por la caja de distribución óptica NAP A1 del mismo armario y finalizando en la ONT más lejana. En todo este trayecto se tiene 9 conectores, un armario óptico de 9 splitters de 1x32 y 9 empalmes por fusión. En la Tabla 2.5 se presenta el cálculo de la atenuación total para el abonado más lejano.

Tabla 2.5. Cálculo del valor total de atenuación del abonado más lejano

ELEMENTO	Cantidad	Unidades	Atenuación típica	Total (dB)
<b>Conectores</b>	9	U	0.5 dB	4.50
<b>Empalmes de fusión</b>	9	U	0.1dB	0.90
<b>Armario óptico (9 splitters 1x32)</b>	1	U	17.5dB	17.50
<b>Distancia OLT a FDH 9</b>	3,084	Km	0.35dB/Km	1.08
<b>Distancia de FDH 9 a NAP A1</b>	0.4773	Km	0.35dB/Km	0.17
<b>Distancia de NAP A1 a ONT</b>	0.0706	Km	0.35dB/Km	0.02
<b>Atenuación total (dB)</b>				<b>24,17</b>

Fuente: propia

Para el usuario más cercano se ubicó el tramo que parte desde la OLT hacia el armario FDH # 4, pasando por la caja de distribución óptica NAP F1 del mismo armario y finalizando en la ONT más cercana. En todo el trayecto se tiene 9 conectores, un armario óptico de 9 splitters de 1x32 y 9 empalmes por fusión. En la Tabla 2.6 se presenta el cálculo de la atenuación total para el abonado más cercano.

Tabla 2.6. Cálculo del valor total de atenuación del abonado más cercano

ELEMENTO	Cantidad	Unidades	Atenuación típica	Total (dB)
<b>Conectores</b>	9	U	0.5 dB	4.50
<b>Empalmes de fusión</b>	9	U	0.1dB	0.90
<b>Armario óptico (9 splitters 1x32)</b>	1	U	17.5dB	17.50
<b>Distancia OLT a FDH 4</b>	2.045	Km	0.35dB/Km	0.72
<b>Distancia de FDH 4 a NAP F1</b>	0.025	Km	0.35dB/Km	0.01
<b>Distancia de NAP F1 a ONT</b>	0.020	Km	0.35dB/Km	0.01
<b>Atenuación total (dB)</b>				<b>23.64</b>

Fuente: propia

Como segundo punto tomando en cuenta el valor total de atenuación de los dos casos anteriormente calculados y el umbral de potencia máxima de emisión de la OLT según la tabla 2.3, se procede a calcular el balance óptico mediante la ecuación (2.2). De esta manera para el usuario más lejano se obtiene:

$$P_r = 5dBm - 24.17dB$$

$$P_r = -19.17dBm$$

Para el usuario más cercano se tiene:

$$P_r = 5dBm - 23.64dB$$

$$P_r = -18.64dBm$$

Los resultados del balance óptico obtenidos tanto para el abonado más lejano y cercano, se encuentran dentro del límite del rango de sensibilidad del equipo receptor que va desde los -8dBm hasta -27dBm, además de cumplir con el margen de resguardo de 3dB que exige la norma técnica de diseño de ODN de la CNT EP.

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS FINANCIERO**

En este capítulo se realiza un análisis financiero para determinar la rentabilidad del proyecto de la red GPON para la CNT EP.

Para realizar el análisis financiero primeramente se determina el costo total de la inversión de la red GPON, el cual incluye los rubros de materiales y mano de obra de la red troncal FEEDER, red distribución, obra civil (canalización), red de dispersión y las tarjetas OLT. Como segundo punto se definen los costos de los planes comerciales de la CNT EP, los cuales incluyen los precios de planes de servicios individuales de telefonía fija, Internet y televisión pagada; planes en doble pack, los cuales son la combinación de dos servicios individuales, y triple pack la combinación de tres servicios individuales. Seguidamente se determinan los ingresos por ventas y costos de instalación de servicios que generara la red GPON, para ello se toma en cuenta los costos de planes comerciales en servicios individuales, doble pack y triple pack. Posteriormente se determinan los egresos producidos por la red GPON cuando esta entre en funcionamiento, aquí se consideran los costos de operación tales como: costo de instalación, mantenimiento de ONTs, mantenimiento de la red y atención a fallas. Por último tomando en cuenta el costo total de inversión, ingresos y egresos de la red GPON se realiza un flujo de fondos, a partir del cual se hace el cálculo de rentabilidad con dos indicadores: el valor neto actual (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), los cuales permitirán determinar la viabilidad del proyecto de la red GPON en el sector de estudio.



## 1. Costo total de inversión

El costo total de la inversión se lo determina de la suma de cinco rubros distribuidos en: obra civil (canalización), red troncal FEEDER, red distribución, red de dispersión y tarjetas OLT. El valor total de sus costos se determina mediante la planilla de volumen de obra que la CNT EP dispone, donde se incluyen las diferentes cantidades del material y ejecución de obra de los diferentes diseños de la ODN.

En el rubro de obra civil se incluye los materiales y ejecución de mano de obra de: pozos de mano, pozos de 80 y 48 bloques, tapones para ductos, rotura y reposición de asfalto para la colocación de ductería.

El valor del costo de la red troncal FEEDER y distribución contiene el suministro y mano de obra de: empalmes, tendido del cable de fibra óptica, colocación de herrajes de suspensión, herrajes de retención, armarios ópticos, splitter, conectores, cajas de distribución óptica y subidas a poste.

El costo de la red de dispersión comprende el suministro de equipos ONTs, rosetas ópticas y la mano de obra por el tendido del cable de fibra óptica de acometida al usuario final.

Tomando en cuenta que CNT EP cuenta con una OLT existente para la conexión de la red troncal FEEDER, solamente se necesita adquirir un total de 11 tarjetas GPON. En la Tabla 3.1 se puede observar el costo total de inversión con todos los rubros antes mencionados.

Tabla 3.1. Costo total de la inversión

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

En el Anexo 7 se presenta la plantilla de volumen de obra utilizada para obtener los rubros de los componentes de la Tabla 3.1.

## 2. Planes comerciales de la CNT EP

Para determinar los costos de los servicios (Telefonía, Internet, TV pagada) que brinda la CNT EP se toma los precios actuales por planes de servicios, los mismos que se detalla a continuación.

### 2.1. Telefonía fija.

Para el servicio de telefonía fija el costo mensual incluye una tarifa básica más el consumo de minutos del abonado, adicionalmente se cobra un rubro por instalación del servicio. Todos los costos incluyen IVA y se detallan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Tarifa mensual de telefonía fija

TELEFONÍA FIJA		
Tipo de producto	Costo(\$)+IVA	Costo de instalación(\$)
Residencial básico	6,94+consumo	\$ 60,00

Fuente: [24]

### 2.2. Internet fijo.

El costo mensual por el servicio de Internet con tecnología xDSL que brinda la CNT EP varía según el plan de velocidad de navegación del abonado. Al igual que en telefonía fija se cobra un rubro por instalación. Todos los costos incluyen IVA y se detallan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tarifa mensual de planes de Internet

INTERNET FIJO		
Paquete	Costo(\$)+IVA	Costo de instalación (\$)
Internet 3Mbps	\$ 20,16	\$ 50,00
Internet 5 Mbps	27,89	\$ 50,00
Internet 10 Mbps	\$ 40,32	\$ 50,00

Fuente: [24]

### 2.3. Televisión pagada.

En el servicio de televisión pagada por satélite que la CNT EP ofrece, el costo mensual varía según los planes disponibles que incluyen un cierto número de canales. Asimismo se cobra un rubro por instalación. Los costos incluyen IVA y se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Tarifa mensual de planes de televisión pagada

<b>TELEVISIÓN PAGADA</b>		
<b>Tipo de plan</b>	<b>Costo(\$)+IVA</b>	<b>Costo de instalación(\$)</b>
<b>Súper</b>	\$ 16.80	\$ 20,00
<b>Entretenimiento</b>	\$ 19.04	\$ 20,00
<b>Total Plus</b>	\$ 28.00	\$ 20,00
<b>Plus HD</b>	\$ 29.12	\$ 20,00

Fuente: [24]

#### 2.4. Servicios en doble pack y triple pack.

Con los servicios individuales de Telefonía Fija, Internet y TV pagada se puede armar paquetes de dos y tres servicios, de esta manera la CNT EP le proporciona al abonado un descuento del 10% al costo total del paquete en dos servicios y el 15% en tres servicios, de la misma manera estos paquetes están sujetos a costos de instalación. A continuación se presenta una combinación de servicios en doble y triple pack considerando la tarifa más básica en servicios individuales.

Tabla 3.5. Paquetes de servicios disponibles en doble pack y triple pack de la CNT EP

<b>PAQUETES DISPONIBLES</b>		
<b>Tipo de plan</b>	<b>Costo(\$)+IVA</b>	<b>Costo de instalación(\$)</b>
Doble pack(Telefonía fija + Internet)	\$ 24.39	\$ 40
Doble pack(Telefonía fija+ Televisión)	\$ 21.37	\$ 40
Doble pack(Internet+ Televisión)	\$ 33.26	\$ 40
Triple pack (Telefonía fija+Internet+Televisión)	\$ 37.32	\$ 60

Fuente: [24]

### 3. Determinación de ingresos

Para determinar el total de ingresos que produce la red GPON, se basa en dos factores: el primero es el costo mensual tomando la tarifa más baja por servicios individuales, doble pack y triple pack, el segundo factor es por el costo de instalación de un nuevo servicio ya sea individual, doble pack o triple pack.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Tabla 3.6. Ingresos con abonados actuales

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

Tabla 3.7. Ingresos con abonados potenciales

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

Los ingresos totales por tarifa mensual que producirá la red GPON por servicios individuales, doble pack, triple pack, serán la suman de los ingresos de los abonados actuales más los abonados potenciales. En la Tabla 3.8 se muestra el resultado de los ingresos por tarifa mensual de los abonados con proyecto GPON.

Tabla 3.8. Ingresos con abonados finales para la red GPON

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Tabla 3.9. Ingresos por costos de instalación de la red GPON

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Fuente: propia

#### **4. Determinación de egresos**

El total de egresos se determina del rubro de costos de operación, el cual se refiere a los gastos necesarios para mantener el proyecto, de esta manera este rubro incluye: los costos de instalación de ONTs en un 100% del total de abonados de la red GPON; la atención a fallas con un 4% al año del total de abonados; mantenimiento de ONTs y mantenimiento de red con un 2% del total de abonados. Los valores unitarios de los costos por abonado mensual se detallan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Costos por abonado mensual

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Fuente: [6]

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Tabla 3.11. Estimación de egresos por concepto de costos de operación

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

## **5. Cálculo de flujo de fondos**

Para el cálculo del flujo de fondos, se considera el costo total de la inversión, ingresos y egresos en un período de 5 años, que es el tiempo máximo para recuperación de la inversión del proyecto. Cabe recalcar que CNT EP por ser una empresa pública no genera utilidades y por ende no debe pagar el 15% de utilidades a sus trabajadores lo cual no representara un egreso que sume al flujo de fondos. Los resultados obtenidos del flujo de fondos se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3.12. Flujo de fondos de la red GPON

<p><b>NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.</b></p>
---

Fuente: propia

## 6. Indicadores de rentabilidad

La rentabilidad del proyecto se estima en base a dos indicadores: el valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), los cuales se detallan a continuación:

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

El VAN es un indicador de rentabilidad el cual permite calcular el valor actual de un determinado número de flujos de fondos futuros generados por una inversión.

Basándose en el flujo de fondos anteriormente determinado el VAN se lo calcula mediante la siguiente formula [25]:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_n}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3.1)$$

Donde:

$F_n$ : Flujo neto de fondos

$i$ : Tasa de interés de descuento

$I_0$ : Inversión inicial

$n$ : Período correspondiente al flujo de fondos

Para la tasa de interés de descuento, se toma el dato del Banco Central del Ecuador que ha establecido una tasa de interés pasiva referencial para la inversiones de las instituciones del sector público del 5.22% [26] .

En la Tabla 3.13 podemos observar el flujo de fondos neto generado por cada año, su costo convertido al valor actual neto mediante el VAN y el flujo de fondos acumulado.

Tabla 3.13. Resultados del valor neto actual

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Fuente: propia

De la Tabla 3.13 sumando todos los valores actuales netos en el período de cero a cinco años se obtiene el VAN total del proyecto de la red GPON cuyo valor es de \$ 254.583,24 por lo cual al tener un VAN positivo se determina que el proyecto es rentable. Adicionalmente mediante el flujo de fondos acumulado se determina que el proyecto tendrá un período de recuperación de la inversión aproximadamente de cuatro años (Ver Figura 3.1), por ende a partir de este tiempo la red GPON empezará a generar ganancias para la empresa CNT EP.

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

Figura 3.1. Período de recuperación de la inversión  
Fuente: propia

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

La TIR es un indicador de rentabilidad que evalúa un proyecto en función de una sola tasa de interés por período, es decir, es la tasa de interés con la cual el VAN es igual a cero.

La tasa interna de retorno se calcula aplicando la siguiente ecuación [25] :

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_n}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (3.2)$$

Donde:

$F_n$ : Flujo neto de fondos.

$i$ : Tasa de interés de descuento.

$I_0$ : Inversión inicial.

$n$ : Período correspondiente al flujo de fondos.



Basándose en el flujo de fondos anteriormente determinado, se calcula la TIR, teniendo como resultado una tasa interna de retorno de 15.68 %, la cual al ser mayor al 5.22% de la tasa de interés pasiva referencial, permite concluir que el proyecto es rentable y generará ganancias para la empresa.

## CONCLUSIONES

El diseño e implementación de la ODN con tecnología GPON permitirá a la CNT EP brindar varios servicios de telecomunicaciones (telefonía, Internet, televisión) por un mismo medio de transmisión (fibra óptica), con velocidades de hasta 2.4Gbps en downlink y 1.2Gbps en uplink.

Una vez finalizado el censo a cada uno de los prediales del sector de estudio, se obtuvo un total de 1604 encuestas aplicadas a 1340 predios, de las cuales 219 no se consideraron en el diseño debido a que representan lotes baldíos, quedando un total de 1385 encuestas válidas para el análisis de resultados.

De la base de datos de encuestas validas se obtuvo un total de            abonados actuales con los que cuenta la CNT EP y            abonados potenciales los cuales vendrían a ser los posibles nuevos clientes de la empresa. De esta manera sumando la demanda actual más la potencial se diseñó la ODN para una demanda total de            abonados los cuales se servirán de los beneficios de la red GPON.

En base a la demanda actual se obtuvo el número total de servicios de telecomunicaciones con los que cuentan los abonados actuales de la CNT EP, los cuales son:            clientes con servicios de telefonía fija,            clientes con servicios de Internet,            clientes con servicio de televisión satelital.

El número total de servicios proyectados que demandan los nuevos abonados de la CNT EP son:            clientes con servicio de telefonía fija,            clientes con servicio de Internet,            clientes con servicio de televisión.

El diseño de la ODN cumple con todas las normas técnicas vigentes de la CNT EP. En el anexo 8 se presenta un certificado de aprobación donde se indica el cumplimiento con parámetros de diseño de CNT EP.

Para cubrir la demanda total en el sector de estudio, se consideró en el diseño de la red de dispersión un total de            ONTs, las cuales fueron agrupadas en un máximo de 10 ONTs formando áreas de dispersión, con lo cual se obtuvo un total de            áreas de dispersión equivalentes a            cajas de distribución óptica.

En el diseño de la red de distribución se consideró las            cajas de distribución óptica, las cuales se las agrupó en un máximo de 24 cajas para formar un armario de distribución FDH, así se obtuvo un total de 9 armarios de distribución FDH, los mismos que cuentan con capacidad de 9 splitters cada uno con relación de 1:32.

Para el diseño de la red FEEDER se proyectó un cable troncal de fibra óptica ITU-T G.652D de capacidad de 144 hilos para dar cobertura a los 9 armarios de distribución FDH.

Se diseñó canalización para todo el tendido de cable de la red FEEDER, además esta misma canalización se la utilizó para el tendido en algunos tramos de la red de distribución.

El costo total de inversión del presente proyecto se lo calculó en base a la planilla de precios referenciales de mano de obra y suministro de materiales de la CNT EP, obteniéndose un total de \$ 890.495,80.

En el análisis financiero se realizó un flujo de fondos (ingresos menos egresos) a un período de cinco años, a partir de este flujo de fondos utilizando dos indicadores de rentabilidad, tanto el VAN con un valor positivo de \$ 254.583,24 y el TIR con 15.68% calculados a una tasa de descuento del 5.22%, se determina que el proyecto es totalmente rentable. Además con el estudio del análisis financiero se determinó que aproximadamente en cuatro años de funcionamiento de la red GPON, se recuperará en su totalidad el costo total de la inversión.

## RECOMENDACIONES

Para realizar el censo en el sector de estudio establecer un código catastral a la encuesta según el predio encuestado, esto facilitará la ubicación correcta de los abonados actuales y potenciales que servirán para el dimensionamiento total de la red.

Previamente al diseño total de la red, se debe revisar cada una de las normas técnicas actualizadas de la CNT EP.

En la proyección de cajas de distribución de la red de dispersión se recomienda verificar la disponibilidad de espacio físico en cada uno de los postes destinadas a las mismas.

La ubicación de los armarios ópticos en la red de distribución se los debe proyectar en un sitio óptimo para un fácil mantenimiento preferiblemente esquinero, verificando que no queden cerca a puertas, ventanas, garajes, o de que de alguna manera interfieran con la libre circulación de las personas.

En el diseño de la red troncal FEEDER para la conexión de todos los armarios ópticos, elegir la ruta donde se tenga el menor número de empalmes posibles ya que estos representan puntos de fallas que a futuro pueden afectar el funcionamiento de la red.

En el diseño de la red de canalización verificar la disponibilidad de ductos y estado físico de los pozos existentes que se consideran para el tendido del cable de fibra óptica.

El presente trabajo de fin de titulación se basa solamente en la capa física (modelo OSI), por lo que se podría en un diseño futuro enfocarse en las capas superiores del modelo OSI.

Como un futuro trabajo se puede simular en software el diseño de la red GPON para predecir su comportamiento.

Se recomienda en proyectos futuros realizar el diseño para la distribución interna del cable de fibra en condominios, conjuntos habitacionales, edificios residenciales y comerciales que se encuentren dentro del área de cobertura del proyecto GPON.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. C. Hinojosa Gomez. "Tópicos Selectos de Fibra Óptica". [En línea]. Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf>. [Consulta: 12-05- 2014].
- [2] Ontitel S.L. "Fibra Óptica". [En línea]. Disponible en: <http://www.ontitel.com/otros-servicios/fibra-optica/>. [Consulta: 12-05- 2014].
- [3] J.A.Martín, Sistemas de Redes Ópticas de Comunicaciones, Madrid: PEARSON, 2004.
- [4] O. Santa Cruz. "Parametros caracteristicos de las Fibras Ópticas". [En línea]. Disponible en: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteleXterior/introduFO2.pdf>. [Consulta: 15-06-2014].
- [5] C. Vázquez García y P. Contreras, "Módulo 2 - Propagación en Fibras Ópticas". [En línea]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/dispositivos-y-medios-de-transmision-opticos/material-de-clase-1/modulo-2-propagacion-en-fibras-opticas/view>. [Consulta: 18-06-2014].
- [6] E. I. Alulima Salazar y C. A. Paladines Bravo. "Diseño de una Red GPON para la localidad de Vilcabamba". [En línea]. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima\\_Salazar\\_Enrique\\_Israel%20\\_Paladines\\_Bravo\\_Cesar\\_Augusto\(Para%20subir%20al%20dspace\).pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20_Paladines_Bravo_Cesar_Augusto(Para%20subir%20al%20dspace).pdf). [Consulta: 22-06-2014].
- [7] "Comunicaciones por fibra óptica".[En línea]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/900/A4.pdf?sequence=4>. [Consulta: 12-07- 2014].
- [8] L. M. Martínez Gómez , D. Asensio, C. P. Lacalle Domenech y V. Sánchez . "UA-Redes PON Protocolos". [En línea]. Disponible en: [http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_Protocolos#APON.2C\\_BPON.2C\\_GPON\\_y\\_EPON](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_Protocolos#APON.2C_BPON.2C_GPON_y_EPON). [Consulta: 29-07-2014].
- [9] H. T. U. Frank Effenberger, C. I. David Cleary y P. S. Onn Haran. "An Introduction to PON Technologies" *IEEE Communications Magazine* • March 2007, 2007.

- [10] UIT(Unión Internacion de Telecomunicaciones). “Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales”. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>. [Consulta: 02-08-2014].
- [11] CNT EP. “*Norma Técnica de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica*”. Versión 1.2: Gerencia de Ingeniería, 2013.
- [12] Telnet. “Acopladore y Divisores Ópticos”. [En línea]. Disponible en: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/splitters-opticos/>. [Consulta: 12-08-2014].
- [13] J. M. Bernal Abellán, “UA-FTTX PON”. [En línea]. Disponible en: [http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX\\_PON](http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX_PON). [Consulta: 30-08-2014].
- [14] CNT EP. “*Normativa de Construcción de Planta Externa con fibra óptica ODN*”. Versión 1.1, Enero 2014.
- [15] “FIBRA OPTICA”. [En línea]. Disponible en: [http://aprendeainstalar.infored.mx/726442\\_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html](http://aprendeainstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html). [Consulta: 30-09-2014].
- [16] CNT EP. “*Normas Técnicas de Construcción de Planta Externa*”. Versión 1.0, Febrero 2012.
- [17] SIG TIERRAS. “Ortofotografía 1:5000 en cuadrícula 1:50.000 IGM”. [En línea]. Disponible en: [http://www.sigtierras.gob.ec/Servicios/Cartas1\\_50k/GEOMASHUP/NVI\\_F4.htm](http://www.sigtierras.gob.ec/Servicios/Cartas1_50k/GEOMASHUP/NVI_F4.htm). [Consulta: 20-09-2014].
- [18] INEC. “Fascículo provincial Loja”. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/loja.pdf>. [Consulta: 19-10-2014].
- [19] CNT EP, “*Normas de Diseño de Planta Externa*”. Versión 3.0, Abril 2011.
- [20] CNT EP. “*Normas técnicas para dibujo georeferenciadas de redes de planta externa: canalización, redes telefónicas de cobre, enlaces de fibra óptica y redes GPON/FTTH*”. Diciembre 2013.

- [21] CNT EP. “*Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Optica ODN*”. Versión 1.0, Enero 2014.
- [22] CNT EP. “*Normativa de Diseño de la ODN*”. Versión 1.0, Noviembre 2012.
- [23] CNT EP. “*Norma Técnica para Construcción de Canalización Telefónica*”. Versión 1.2 , Abril 2011.
- [24] CNT EP. “CNT PACK”. [En línea]. Disponible en: <https://www.cnt.gob.ec/cnt-pack/>. [Consulta: 08-01-2015].
- [25] J. L. Narváez. “Evaluación de inversiones” [En línea]. [Consulta: 10-01-2015].
- [26] Banco Central del Ecuador. “Tasa de interés enero 2015”. [En línea]. Disponible en: <http://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>. [Consulta: 13-01-2015].

## **ANEXO 1: MODELO DE ENCUESTA**



**Encuesta para el levantamiento de información de la demanda y requerimientos de Servicios de Telecomunicaciones de nueva generación para los usuarios de la ciudad de Loja sector suroccidente.**

**1. ¿Cuántas personas habitan en su domicilio?:**

a. Nro. de personas: \_\_\_ b. Estudiantes secundaria \_\_\_\_\_ c. Estudiantes universitarios \_\_\_\_\_

**2. ¿Qué tipo de servicios actualmente tiene contratado y cuál es su proveedor?**

<b>Tipo de Servicio</b>	Telefonía <input type="checkbox"/>	Internet <input type="checkbox"/>	Televisión HD pagada <input type="checkbox"/>	Ninguno <input type="checkbox"/>
<b>Proveedor (CNT, CLARO, TVCABLE, ESPECIFIQUE)</b>				

**3. ¿En caso de tener servicio telefónico de la CNT escriba su número de teléfono?**

Nro. Telefónico CNT: .....

**4. Especifique aproximadamente el costo mensual de los servicios que tiene actualmente contratado.**

Telefonía: _____ \$	Internet _____ \$	Televisión pagada _____ \$
---------------------	-------------------	----------------------------

**5. ¿Está conforme con el servicio que actualmente tiene contratado?**

<b>TELEFONIA:</b>	SI <input type="checkbox"/>	<b>INTERNET</b>	SI <input type="checkbox"/>	<b>TELEVISION HD PAGADA</b>	SI <input type="checkbox"/>
	NO <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>

**6. De no contar con alguno de los servicios anteriormente mencionados ¿Qué servicio le gustaría contratar?**

<b>Tipo de Servicio</b>	Telefonía <input type="checkbox"/>	Internet <input type="checkbox"/>	Televisión HD pagada <input type="checkbox"/>	Ninguno <input type="checkbox"/>
-------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---	----------------------------------

**7. ¿Estaría realmente interesado si le brindamos un servicio 3x1 donde se incluye en un solo paquete Telefonía, Internet, Televisión HD pagada a un único precio.**

<b>USUARIO INTERESADO:</b>	SI <input type="checkbox"/>
	NO <input type="checkbox"/>

**8. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio 3x1 (Internet, Telefonía, Televisión HD) a un único precio?**

<b>PAQUETE (Telefonía, Internet, Televisión HD pagada)</b>	\$35 <input type="checkbox"/>	\$40 <input type="checkbox"/>	\$50 <input type="checkbox"/>	\$60 <input type="checkbox"/>	\$70 <input type="checkbox"/>
--	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

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

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

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

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

#### **ANEXO 4: PLANOS DE RED TRONCAL FEEDER**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

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

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**ANEXO 6: ESQUEMA DE EMPALMES DE RED FEEDER Y DISTRIBUCIÓN**

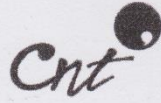
**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**ANEXO 7: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE VOLUMEN DE OBRA Y MATERIALES**

**NO SE PUEDE MOSTRAR DEBIDO A UN CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD FIRMADO ENTRE LA UTPL Y LA CNT EP.**

**ANEXO 8: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE CNT EP**





Loja enero 26, 2015  
APLCNT-RMY-0093/AL-CNT-ED-001-2015

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

**FUENTE: TRÁMITE CNT-177.1-2015-00173 - INFORME ING. FABIÁN CASTILLO  
ANALISTA DE PROYECTOS.**

De mi consideración:

Considerando que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se encuentra desarrollando el tendido de Redes de Comunicaciones hasta el domicilio del Cliente arquitectura FTTH con tecnología de Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gbits GPON y atendiendo a la solicitud del 30 de octubre del 2013 de la Universidad Técnica Particular de Loja para realizar el Trabajo de Fin de Titulación denominado "Diseño de una Red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente", me permito comunicar que se desarrollaron los siguientes ítem:

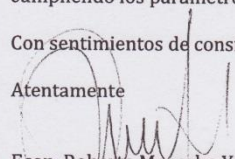
- Levantamiento de Demanda Comercial - Encuestas - Base de Datos
- Descripción de Diseño de Redes GPON a partir de la determinación de Demanda Comercial
- Normativas de Dibujo en formato AUTOCAD
- Determinación de Mano de Obra y Materiales
- Presupuesto Referencial
- Análisis Costo Beneficio

Adicional, como parte del trabajo se socializó lo descrito el día 26 de enero del 2015 a Funcionarios de las áreas Técnica y Comercial.

Por lo descrito y considerando la revisión efectuada por el Ing. José Luis Arce Delegado de la Gerencia de Ingeniería, me permito comunicar que el Trabajo de Fin de Titulación denominado "Diseño de una Red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente" realizado por el señor **Darwin Fernando Lapo Zhanay (C.I. 1104601016)** ha sido realizado cumpliendo los parámetros de Diseño de CNT EP.

Con sentimientos de consideración, quedo de Usted.

Atentamente

  
Egon Roberto Morocho Yaguana  
**ADMINISTRADOR AGENCIA PROVINCIAL LOJA (C.E.)  
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP**



RMY/FCA/sbs



www.cnt.gob.ec

Av. Amazonas N36-49 y Coronel Edificio Mundial

**TELEFONÍA**  
**INTERNET Y DATOS**  
**MÓVIL**  
**TV**