



1859

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS**  
**RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA  
(ODN) MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON  
EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE  
LOJA PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE  
TELECOMUNICACIONES E.P.**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES.

AUTOR:

Felipe Andrés Rodríguez Yaguache

TUTOR:

Ing. John Jossimar Tucker Yépez, Mg. Sc.

Loja, 2015

## CERTIFICACIÓN

Ing.

John Jossimar Tucker Yépez, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Certifico:

El presente trabajo de fin de titulación: " DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN) MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE LOJA PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P." realizado por **Felipe Andrés Rodríguez Yaguache**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, razón por la cual se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre del 2015

f).....  


Ing. John Jossimar Tucker Yépez, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

## AUTORÍA

Yo, **FELIPE ANDRÉS RODRÍGUEZ YAGUACHE**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: .....



Cédula: 1105136129

Fecha: 16 de diciembre de 2015


## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, FELIPE ANDRÉS RODRÍGUEZ YAGUACHE, declaro ser autor de la tesis titulada " DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN) MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE LOJA PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P.", como requisito para optar al grado de: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de diciembre del dos mil quince.

Firma: 

Autor: Felipe Andrés Rodríguez Yaguache

Cédula: 1105136129

Dirección: Loja (calles Illiniza y Cotopaxi)

Correo Electrónico: felipe.rodriguez.ec@ieee.org , felipeary91@gmail.com

Teléfono: 072565629      Celular: 0996393964

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. John Jossimar Tucker Yépez, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldean, Mg. Sc.

Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, M.I.

Ing. Diego Fernando Carrera Moreno, Mg. Sc.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de fin de titulación lo dedico a mis padres, que con sus sabios consejos han sabido guiarme y convertirme en un hombre de bien.

A mis hermanos, Karla y Juan Diego por los infinitos momentos de amor y afecto que me han brindado.

A Truman.

**Felipe Andrés**

## **AGRADECIMIENTO**

De una manera muy especial a mis padres por su apoyo y por ser esa fuerza que me motiva a superarme y siempre seguir adelante.

Al Ing. Fabián Castillo y al Ing. Juan Peña por brindarme esta oportunidad y por haber sido una guía durante todo este trabajo.

Deseo expresar mis agradecimientos al Ing. John Tucker, quien con sus acertadas correcciones y sugerencias me supo guiar para poder culminar este trabajo con éxito.

A todo el personal del área técnica de la CNT E.P., en especial al Arq. Javier Cordones por su apoyo y confianza durante el transcurso de este trabajo.

**Felipe Andrés**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA .....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
1. TÍTULO .....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1. ABSTRACT.....	3
3. Introducción .....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Fibra óptica .....	5
4.2. Tipos de fibra óptica .....	5
4.2.1. Fibra multimodo.....	6
4.2.2. Fibra monomodo .....	6
4.3. Factores que afectan la transmisión en fibra óptica .....	7
4.3.1. Pérdidas por absorción .....	7
4.3.2. Pérdidas por curvatura.....	8
4.3.3. Pérdidas por unión.....	9
4.3.4. Dispersión intermodal .....	9
4.3.5. Dispersión intramodal .....	9

4.3.6. Dispersión por polarización (PMD) .....	10
4.4. Sistemas de comunicaciones ópticas .....	10
4.4.1. Elementos del sistema .....	11
4.4.2. Transmisor óptico.....	11
4.4.3. Receptor óptico .....	11
4.5. Aspectos técnicos de la tecnología GPON .....	12
4.6. Arquitectura GPON .....	14
4.6.1. Terminal de línea óptica (OLT) .....	15
4.6.2. Terminal de red óptica (ONT).....	16
4.7. Elementos pasivos de una red GPON .....	17
4.7.1. Divisor óptico pasivo ( <i>Splitter</i> ) .....	17
4.7.2. Distribuidor óptico (ODF).....	18
4.7.3. Mangas .....	19
4.7.4. Empalmes .....	20
4.7.5. Conectores para fibra óptica.....	20
4.7.6. Tipos de cable de fibra óptica .....	22
4.7.7. Preformado para cable ADSS .....	23
4.7.8. Thimble clevis .....	23
4.7.9. Herraje de retención .....	24
4.7.10. Herraje de suspensión.....	24
4.7.11. Herraje de pozo .....	24
4.7.12. Porta reservas .....	25
4.7.13. Manguera corrugada.....	25
4.7.14. Herraje cruce americano.....	25
4.7.15. Tapón simple de 1 1/4" .....	26
4.7.16. Tapón ciego de 1 1/4" .....	26



4.8. Red de Acceso GPON.....	27
4.8.1. Red de distribución óptica (ODN) .....	27
4.8.2. Protocolos utilizados por la redes GPON.....	28
4.9. Recomendaciones UIT G.984.x.....	29
4.9.1. Recomendación UIT G.984.1.....	29
4.9.2. Recomendación UIT G.984.2.....	29
4.9.3. Recomendación UIT G.984.3.....	29
4.9.4. Recomendación UIT G.984.4.....	29
4.9.5. Recomendación UIT G.984.5.....	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
6. RESULTADOS .....	35
6.1. Demanda de servicios de telecomunicaciones en el sector occidental de la ciudad de Loja.....	35
6.2. Definición de la zona del diseño.....	35
6.3. Estudio de demanda .....	36
6.3.1. Demanda existente .....	36
6.3.2. Demanda proyectada.....	39
6.4. Crecimiento de la demanda.....	39
6.5. Normativa de diseño GPON de la CNT E.P. ....	40
6.6. Infraestructura GPON de la CNT E.P.....	41
6.7. Consideraciones de diseño de la red .....	41
6.8. Secuencia de diseño .....	42
6.8.1. Generalidades .....	42
6.8.2. Plano red de dispersión .....	43
6.8.3. Plano de canalización.....	43
6.8.4. Plano de red feeder.....	45

6.8.5. Plano de red de distribución .....	45
6.8.6. Esquemático de red .....	46
6.9. Balance óptico de la red .....	46
6.9.1. Generalidades .....	46
6.9.2. Cálculo de balance óptico .....	47
6.10. Costo total de la inversión .....	50
6.11. Planes comerciales CNT E.P. ....	51
6.11.1. Telefonía.....	51
6.11.2. Internet fijo.....	51
6.11.3. Televisión satelital.....	51
6.11.4. Servicios doble y triple pack .....	52
6.12. Análisis de encuestas .....	53
6.12.1. Cálculo de ingresos .....	53
6.13. Cálculo de egresos .....	54
6.14. Flujo de caja.....	55
6.15. Relación costo – beneficio .....	56
6.15.1. Valor actual neto (VAN) .....	56
6.15.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	57
7. DISCUSIÓN.....	59
8. CONCLUSIONES .....	61
9. RECOMENDACIONES .....	63
10. TERMINOLOGÍA .....	64
11. BIBLIOGRAFÍA.....	66
12. ANEXOS .....	69
ANEXO 1: MODELO DE LA ENCUESTA APLICADA .....	69
ANEXO 2: PLANOS DE LA RED FEEDER.....	72

ANEXO 3: PLANOS DE LA CANALIZACIÓN.....	73
ANEXO 4: ESQUEMA DE EMPALMES DE LAS REDES FEEDER Y DISTRIBUCIÓN .....	74
ANEXO 5: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT E.P.....	75
ANEXO 6: CERTIFICADO DE LA TRADUCCIÓN DEL RESUMEN DEL PROYECTO AL IDIOMA INGLÉS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estructura interna de un cable de fibra óptica.....	5
Fig. 2 Fibra óptica multimodo.....	6
Fig. 3 Fibra óptica monomodo.....	7
Fig. 4 Pérdidas por microcurvaturas.....	8
Fig. 5 Pérdidas por macrocurvaturas.....	8
Fig. 6 Dispersión intermodal observada en el trayecto de 3 pulsos distintos.....	9
Fig. 7 Dispersión intramodal observada en un trayecto para dos longitudes de onda distinta.....	10
Fig. 8 Dispersión por polarización, se puede observar la comparación con una fibra ideal.....	10
Fig. 9 Sistema de comunicaciones óptico básico.....	11
Fig. 10 Ejemplo de arquitectura GPON.....	14
Fig. 11 ONT Huawei HG8245.....	17
Fig. 12 <i>Splitter</i> óptico pasivo.....	18
Fig. 13 Distribuidor optico.....	19
Fig. 14 Manga porta empalmes.....	19
Fig. 15 Distintos tipos de conectores para fibra.....	20
Fig. 16 Conector ST.....	21
Fig. 17 Conector SC.....	21
Fig. 18 Conector SC/APC.....	21
Fig. 19 Conector MT – RJ.....	22
Fig. 20 Cable de fibra óptica ADSS.....	23
Fig. 21 Preformado para fibra ADSS.....	23
Fig. 22 Thimble Clevis.....	23
Fig. 23 Herraje tipo A.....	24
Fig. 24 Herraje tipo B.....	24
Fig. 25 Kit para ensamblaje de herraje de pozo.....	25
Fig. 26 Porta reservas de fibra óptica.....	25
Fig. 27 Manguera corrugada de <b>34''</b> .....	25
Fig. 28 Herraje cruce americano.....	26

Fig. 29 Tapones para monoducto de <b>1 14''</b> .....	26
Fig. 30 Tapón ciego para monoducto de <b>1 14''</b> .....	26
Fig. 31 Estructura de una red GPON.....	27
Fig. 32 Zona en la que se diseñará la ODN .....	35
Fig. 33 Distribución porcentual del servicio de internet por proveedor.....	38
Fig. 34 Distribución porcentual del servicio de televisión por proveedor.....	38
Fig. 35 Zona de dispersión. ....	43
Fig. 36 Ejemplo de canalización de 4 vías. ....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la tecnología APON. ....	13
Tabla 2. Características de la tecnología BPON.....	13
Tabla 3. Abonados existentes en la zona de diseño.....	37
Tabla 4. Abonados existentes de Internet por proveedor. ....	37
Tabla 5. Abonados existentes de televisión por proveedor. ....	37
Tabla 6. Demanda proyectada en la zona del proyecto. ....	39
Tabla 7. Demanda proyectada dentro de 25 años.....	40
Tabla 8. Umbrales de potencia de la OLT y la ONT.....	47
Tabla 9. Atenuación típica de los elementos de una ODN.....	47
Tabla 10. Cálculo de atenuación para la caja más lejana. ....	48
Tabla 11. Cálculo de atenuación para la caja más cercana.....	49
Tabla 12. Costo total de inversión.....	50
Tabla 13. Costo plan de telefonía. ....	51
Tabla 14. Costo planes de internet. ....	51
Tabla 15. Costo planes de televisión. ....	52
Tabla 16. Costo planes doble y triple pack.....	52
Tabla 17. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados existentes. ....	53
Tabla 18. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados proyectados. ....	54
Tabla 19. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados proyectados y existentes. ....	54
Tabla 20. Costo por servicios de mantenimiento. ....	55
Tabla 21. Egresos totales por mantenimiento.....	55
Tabla 22. Flujo de caja del proyecto.....	56
Tabla 23. Indicadores financieros.....	58

## **1. TÍTULO**

**DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN)  
MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR  
OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE LOJA PARA LA CORPORACIÓN  
NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P.**

## **2. RESUMEN**

Este trabajo se enfoca en el diseño de la red de acceso FTTH con tecnología GPON para el sector occidental de la ciudad de Loja, limitado por las calles Mercadillo, Av. Occidental de Paso y Manuel Monteros, esto con el afán de cubrir la demanda de servicios Triple Play (telefonía, internet de banda ancha y televisión) así como realizar la migración de tecnología desde cobre a la ya mencionada GPON.

Para lograr esto se realizó un estudio de la demanda de los servicios tanto existentes como potenciales en el sector descrito anteriormente, a continuación se realizó el diseño de la red GPON basándose en la normativa de la CNT E.P., para finalmente demostrar la validez del diseño mediante el análisis económico – financiero del mismo, teniendo en cuenta los precios referenciales tanto de construcción y de ingresos por venta de servicios.

**Palabras clave:** FTTH, GPON, CNT.



## **2.1. ABSTRACT**

This work focuses in the design of a FTTH access network with GPON technology for the occidental sector of Loja city, limited by Mercadillo Street, Occidental Avenue and Manuel Monteros Street, in order to meet the demand of Triple Play services (Telephony, Broadband Internet and TV) and also the technology migration from cooper to GPON networks.

In order to achieve this, a research of existing and potential demand was needed, the design of the GPON network meets the design norm from CNT E.P., finally, to prove the viability of the design a financial analysis was made, taking into account the prices for construction and services sale.

**Key words:** FTTH, GPON, CNT.

### 3. Introducción

El constante incremento de la demanda de servicios de telecomunicaciones, en lo referente a telefonía fija, Internet y televisión, obliga a los distintos proveedores de estos servicios a realizar una migración desde las tradicionales redes de telecomunicaciones basadas en par de cobre hacia redes de muy alta capacidad basadas en fibra óptica. La mejor solución radica en las redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON), las cuales permiten llevar un gran ancho de banda al usuario final, al tiempo que se realiza una convergencia de los tres servicios (telefonía, Internet e IPTV). La Corporación Nacional de Telecomunicaciones es una empresa estatal que está encargada de brindar los diferentes servicios de telecomunicaciones en todo el país. Para esto cuenta con una amplia red de distribución de fibra óptica a lo largo de todo el territorio nacional, la cual en el año 2006 contaba con apenas 1,251 Km, para el año 2011 ya se tenía 6,608 Km y a principios de este año se ha llegado a la asombrosa cifra de 35,111 Km de fibra óptica instalada, convirtiéndose en la empresa líder en el campo de las telecomunicaciones, brindando los servicios de telefonía (fija y móvil), así como Internet y televisión satelital. El servicio de telefonía fija se proporciona a través de par de cobre utilizando conmutación de circuitos. La telefonía móvil se brinda utilizando las plataformas GSM, CDMA, 3G y se ha implementado la tecnología 4G en las principales ciudades del país como Guayaquil y Quito. El servicio de Internet es proporcionado a través de la plataforma xDSL, la cual permite brindar velocidades de hasta 3Mbps. A los clientes corporativos se les asigna el servicio utilizando la plataforma IP/MPLS, de esta manera se asegura una alta calidad, confiabilidad y disponibilidad. En lo que se refiere a televisión satelital, la señal es captada por una antena tipo disco, que es instalada en el hogar del cliente y que opera en las frecuencias 11.45GHz a 12.2GHz. Como se acaba de indicar, la infraestructura de la CNT E.P. es dedicada, es decir diferente para cada servicio, esto provoca que se tenga un mayor gasto por operación así como una gran cantidad de fallas debidas a las diferentes infraestructuras que se utilizan. Es aquí donde se origina el deseo de establecer una convergencia de servicios que simplifique todo esto. Una vez implementada esta red, se procederá a la migración de los usuarios existentes, cabe recalcar que esta migración no es obligatoria, sino que se dará conforme el usuario solicite un *upgrade* de su servicio.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Fibra óptica

La fibra óptica es una guía de onda dieléctrica que opera a frecuencias ópticas; está formada por un núcleo central que puede ser de vidrio o plástico y un recubrimiento del mismo tipo con un índice de refracción menor al que posee el núcleo. En su presentación comercial el cable posee cinco partes: Núcleo, revestimiento, amortiguador, material resistente y un revestimiento exterior o envoltura. En la fig.1 se puede apreciar la estructura interna de la fibra óptica (1).

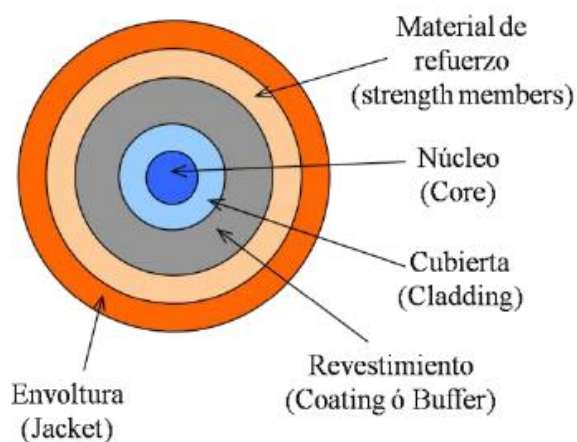


Fig. 1 Estructura interna de un cable de fibra óptica.

Fuente: (1)

Dentro de los parámetros que deben considerarse intrínsecos de la fibra están aquellos que aplican el manejo del haz de luz emitido desde la fuente, ya sea diodos LED (*Light Emission Diode*) o diodos de inyección láser (*Injection Laser Diode*), así como la reflexión y la refracción que determinan el diseño de la fibra y uso en cuanto a pérdidas y rendimiento (1).

### 4.2. Tipos de fibra óptica

La clasificación de la fibra óptica se realiza en base a las distintas trayectorias que un haz de luz puede seguir en su interior, estas trayectorias son denominadas modos de propagación, siguiendo este precepto se tienen dos tipos de fibra óptica: la fibra multimodo y la monomodo (2).

#### 4.2.1. Fibra multimodo

Fue el primer tipo de fibra en ser comercializado debido a su facilidad de fabricación, tiene un diámetro núcleo mucho mayor que la fibra monomodo, permitiendo la propagación de múltiples haces de luz al mismo tiempo, de la misma manera, el diámetro de su núcleo permite el uso de transeptores de bajo costo basados en diodo LED. Se pueden clasificar de acuerdo al cambio del índice de refracción entre el núcleo y la cubierta, las fibras en las que los índices de refracción son muy distintos se conocen como fibras de índice escalonado, las fibras en las que el índice del núcleo y el de la cubierta son prácticamente iguales se conoce como fibra de índice gradual. Ambos tipos de fibra multimodo son utilizados en aplicaciones con distancias bastante cortas (máximo 2 Km), en la Fig. 2 se puede apreciar un ejemplo de fibra multimodo con índice escalonado en la parte superior e índice gradual en la inferior, en donde las regiones 1, 2 y 3 representan al núcleo, el revestimiento y la cubierta, respectivamente (2).

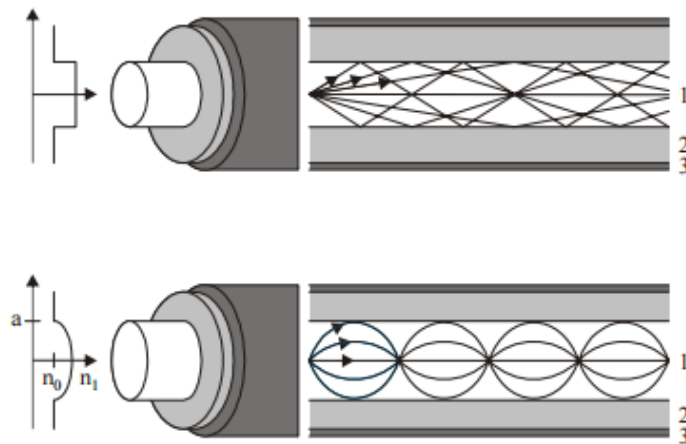


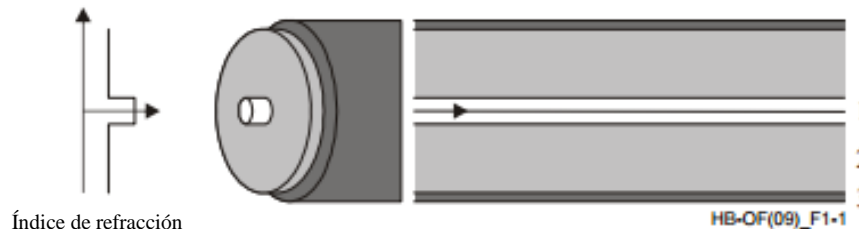
Fig. 2 Fibra óptica multimodo.

Fuente: (2)

#### 4.2.2. Fibra monomodo

Este tipo de fibra tiene un diámetro de núcleo mucho menor que las fibras multimodo, lo que permite la propagación de un solo modo a la vez. Puede parecer que la fibra multimodo tiene mayor capacidad que la monomodo, pero lo cierto es al contrario. Las fibras monomodo son diseñadas para mantener la integridad espacial y espectral de la señal óptica, de hecho, gracias a su tremenda capacidad de transporte y pérdidas intrínsecas increíblemente bajas, la fibra monomodo es la seleccionada para

aplicaciones en las que se tienen distancias mayores a 10 Km. Solamente existe un tipo de fibra óptica monomodo, de índice escalonado, en la Fig. 3 se puede apreciar una fibra óptica monomodo, en donde las regiones 1, 2 y 3 representan al núcleo, el revestimiento y la cubierta (2).



**Fig. 3** Fibra óptica monomodo.  
Fuente: (2)

### 4.3. Factores que afectan la transmisión en fibra óptica

Si bien la fibra óptica es un medio que posee múltiples bondades en comparación a otras guías de onda, existen dos componentes que pueden limitar la transmisión de señales en este medio: la atenuación y la dispersión (3). La atenuación puede ser definida como la pérdida de intensidad de la luz conforme se va propagando en el medio, se mide en decibeles (dB), aunque generalmente se la mide en relación a la longitud del medio expresada en kilómetros (dB/Km), los principales factores de atenuación son las pérdidas por absorción, curvatura y por unión (4).

La dispersión, el otro factor limitante de la fibra óptica, se puede definir como el ensanchamiento de un pulso de luz conforme este viaja a través de la fibra, este factor limita el ancho de banda disponible así como la capacidad de transporte de la fibra debido a que se tiene que utilizar tasas de datos lo suficientemente bajas como para asegurar que los pulsos de luz se encuentren alejados y no se solapen. Existen tres tipos de dispersión, las cuales son: intermodal, intramodal y por polarización (5).

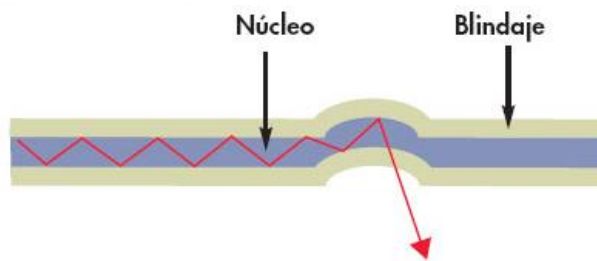
#### 4.3.1. Pérdidas por absorción

Las pérdidas por absorción es la transferencia directa de energía de desde el haz de luz que se está propagando por la fibra hacia las impurezas que esta pueda contener, resultando en una excitación del material a un mayor nivel de energía. Para la longitud de onda de 1310 nm, las pérdidas por absorción se encuentran alrededor de 0.05 dB/Km (5).

### 4.3.2. Pérdidas por curvatura

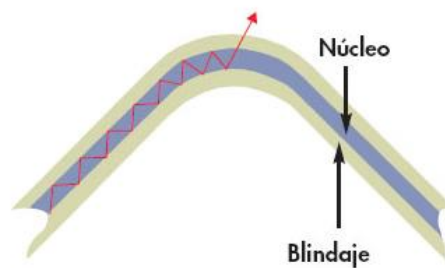
Una curva con un radio reducido puede afectar el ángulo crítico del haz de luz en esa zona, produciendo que el haz se refracte y por consiguiente, se produzca una pérdida de potencia en el haz. Existen dos tipos de curvatura: las macrocurvaturas y las microcurvaturas.

Las microcurvaturas no son perceptibles para el ojo humano, son producto del método de fabricación empleado, al ser introducidas las fibras de manera distinta en el buffer, estas se pueden apreciar en la Fig. 4 (5).



**Fig. 4** Pérdidas por microcurvaturas.  
Fuente: (5)

Las macrocurvaturas se dan al momento de la instalación del cable de fibra, al doblar demasiado el cable algunos haces de luz pueden escaparse del núcleo, debido a la superación del ángulo máximo permitido, por lo general son causadas en su mayoría al momento de la instalación, en la Fig. 5 se muestra una macrocurvatura (5).



**Fig. 5** Pérdidas por macrocurvaturas.  
Fuente: (5)

### 4.3.3. Pérdidas por unión

Aparecen al realizarse empalmes mediante la fusión de fibra óptica, la fusión se realiza elevando la fibra a temperaturas tan altas que se funden, la atenuación típica para este tipo de uniones es de 0.1 dB (5).

### 4.3.4. Dispersión intermodal

Este tipo de dispersión afecta únicamente a las fibras multimodo, se produce debido a que los haces de luz viajan por diferentes caminos a través de la fibra, por lo que llegan al otro extremo en tiempos distintos. Los valores típicos para la dispersión modal varían de 15 a 30 ns/Km. La dispersión modal puede reducirse de tres maneras distintas: utilizando una fibra con un núcleo de diámetro menor, usando una fibra de índice escalonado o mediante el uso de una fibra monomodo, en la Fig. 6 se puede observar la dispersión intermodal debida la longitud del camino por el que cada haz de luz está viajando (5).

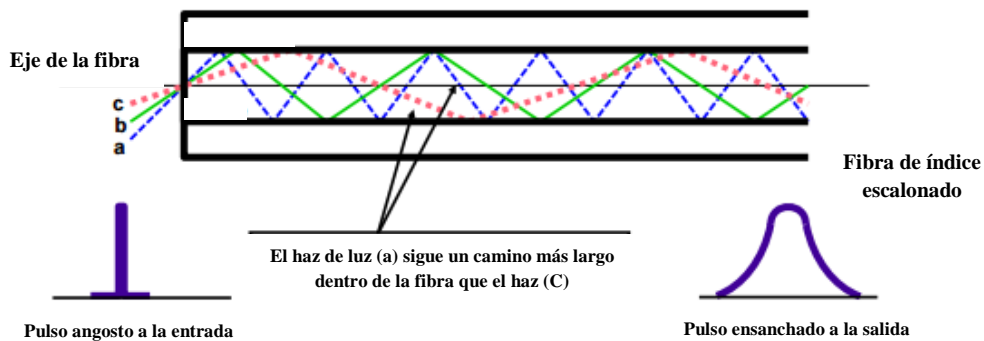
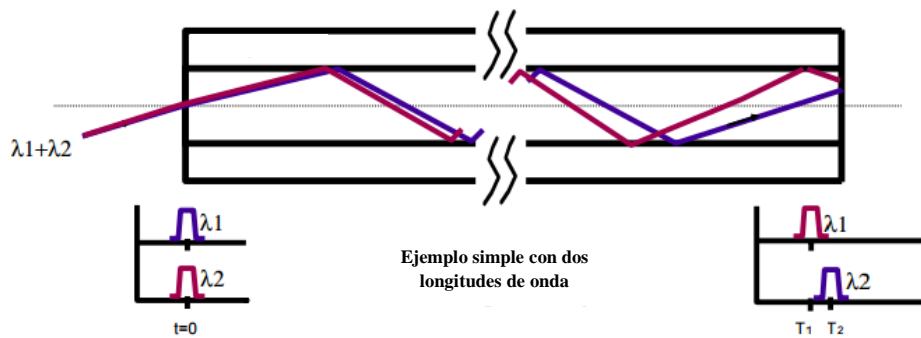


Fig. 6 Dispersión intermodal observada en el trayecto de 3 pulsos distintos.  
Fuente: (5)

### 4.3.5. Dispersión intramodal

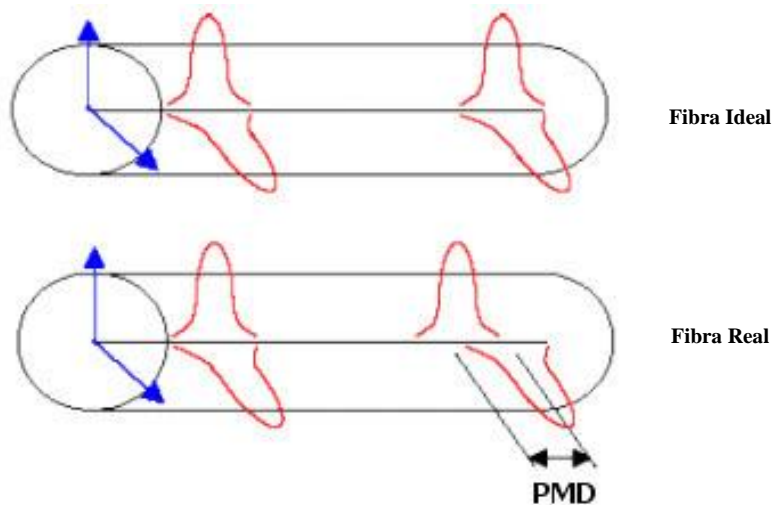
Las distintas longitudes de onda viajan a diferentes velocidades, por lo que el índice de refracción cambia con respecto a la longitud de onda, este tipo de dispersión es propio del material de la fibra. La luz es radiación electromagnética cuyo espectro abarca todos los colores, la fibra de vidrio refleja la luz y cambia su velocidad, la longitud de onda del color rojo es la que menos se refleja y viaja más rápido, mientras que la longitud de onda del color púrpura es el que más se refleja y viaja más despacio, este tipo de dispersión se puede observar en la Fig. 7 (5).



**Fig. 7** Dispersión intramodal observada en un trayecto para dos longitudes de onda distinta.  
Fuente: (5)

#### 4.3.6. Dispersión por polarización (PMD)

Este tipo de dispersión afecta sobre todo a las fibras monomodo, se produce debido a que el haz de luz viaja tanto en el núcleo como en el revestimiento, los cuales tienen índices de refracción distintos debido a que los haces de luz viajan a velocidades distintas. La única solución para este tipo de dispersión es un cambio en la estructura de la fibra, el viaje de un pulso en una fibra real y en una ideal se puede observar en la Fig. 8 (5).



**Fig. 8** Dispersión por polarización, se puede observar la comparación con una fibra ideal.  
Fuente: (5)

#### 4.4. Sistemas de comunicaciones ópticas

Son aquellos sistemas que utilizan la fibra óptica como medio de comunicación, la mayor diferencia con otros sistemas radica en las longitudes de onda (frecuencia) utilizadas, que en este caso se ubica en el orden de las micras (millonésimas de metro) (6). Un sistema de comunicaciones ópticas posee una gran capacidad de transporte, dependiendo este de la longitud de onda y del tipo de fibra utilizado (6).



A continuación se describen algunos componentes de un sistema de comunicaciones ópticas.

#### 4.4.1. Elementos del sistema

El sistema de comunicaciones básico está constituido por tres componentes: Transmisor, Medio de comunicación (fibra) y Receptor. En la Fig. 9 se puede observar un sistema de comunicaciones ópticas bastante sencillo, en el que se puede apreciar como una señal eléctrica ingresa al modulador para ser transformada en pulsos de luz a la salida del transmisor, esos pulsos viajan a través de la fibra hasta el receptor para ser transformados nuevamente en una señal eléctrica (6).

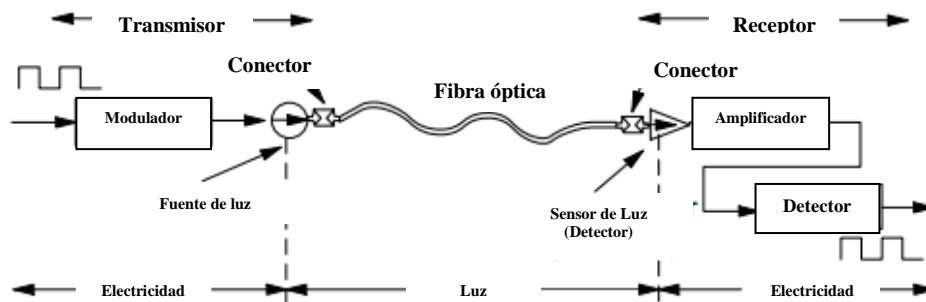


Fig. 9 Sistema de comunicaciones óptico básico.  
Fuente: (6)

#### 4.4.2. Transmisor óptico

Su función es la de convertir la señal eléctrica de entrada en una señal óptica para que esta pueda ser enviada a través de la fibra, para esto se utiliza una fuente de luz (que puede ser tipo LED) que también será la encargada de ingresar el haz en la fibra, algo muy importante es que su costo varía de acuerdo a la tecnología que este utiliza, así un transmisor con una fuente tipo LED (para un sistema con fibra multimodo) es mucho más barato que un transmisor con una fuente láser que es necesario para el despliegue de un sistema con fibra monomodo (6).

#### 4.4.3. Receptor óptico

En el receptor se encuentra un detector de luz, es aquí en donde se transforman los pulsos de luz en una señal eléctrica, esta señal es luego amplificada y enviada a otro detector (también conocido como circuito de decisión), el cual aísla cada cambio de estado en la señal y lo decodifica, reconstruyendo de esta manera la señal original. Esta

señal es luego utilizada para alimentar al equipo terminal de red óptica (ONT, por sus siglas en inglés) (6).

#### **4.5. Aspectos técnicos de la tecnología GPON**

Una red óptica pasiva (PON, por sus siglas en inglés) es una tecnología de acceso mediante la implementación de una red de fibra óptica utilizando elementos pasivos, es decir que no necesita alimentación externa para su funcionamiento en la red. Al ser una red punto – multipunto hace uso de *splitters* ópticos pasivos para poder dar servicio a múltiples usuarios a partir de un único hilo de fibra. La razón por la que se utiliza tales elementos es la de reducir el costo de la implementación de las redes, lo cual se traduce en menores costos de mantenimiento y por ende mayor ganancia para la empresa así como un pronto retorno de la inversión (7).

Existen dos clases importantes de redes PON:

- APON/BPON (1998/2002): Se define en la recomendación UIT –T G.983, en donde “A” hace referencia al protocolo que se utiliza para el transporte de datos, que es el modo de transferencia asíncrona (ATM, por sus siglas en inglés), su carencia de una longitud de onda para transportar video analógico guio al desarrollo de la tecnología BPON.

Las velocidades que soporta son 155 Mbps o 622 Mbps para el enlace de bajada y 155 Mbps para el enlace de subida. Entre los servicios que esta tecnología podía brindar se encuentran video de banda ancha digital, servicios multimedia así como servicios ATM. Debido a la limitada seguridad que esta tecnología ofrecía, se orientaron los esfuerzos al desarrollo de una tecnología que permitiera una mayor capacidad de protección de datos así como mayores tasas de velocidad, esto dio como resultado el desarrollo de la tecnología BPON (7).

En la Tabla 1 se puede observar algunos parámetros técnicos de la tecnología APON.

Tabla 1. Características de la tecnología APON.

<b>Tipo de Fibra</b>	G.652 (STD SMF)
<b>Presupuesto Óptico</b>	Clase B: 10- 25 dB Clase C: 15 - 30 dB
<b>Alcance Máximo</b>	20 Km
<b>Tasa de División</b>	16 o 32
<b>Transmisión</b>	Fibra Única Fibra Dual

	Fibra Única	Fibra Dual
<b>Subida</b>	1310 nm	1310 nm
<b>Descarga</b>	1550 nm	1310 nm

Fuente: (7)

Por otro lado, la tecnología BPON es muy similar a la APON solamente que añade funcionalidades extra, se define en la ITU – T G.983.1 del año 2001. Soporta mayores tasas de transferencia de datos, que van de 155 Mbps, 622 Mbps hasta 1244 Mbps para el enlace de bajada y 155 Mbps a 622 Mbps para el enlace de subida. Cabe recalcar que esta tecnología añade bandas de longitud de onda extras para lo que es *broadcast* de video así como mecanismos de protección (7). En la Tabla 2 se pueden observar las principales características técnicas de esta tecnología.

Tabla 2. Características de la tecnología BPON.

<b>Tipo de Fibra</b>	G.652 (STD SMF)
<b>Presupuesto Óptico</b>	Clase A: 5 – 20 dB Clase B: 10- 25 dB Clase C: 15 - 30 dB
<b>Alcance Máximo</b>	20 Km
<b>Tasa de División</b>	16 o 32
<b>Transmisión</b>	Fibra Única

Fuente: (7)

- EPON: Red óptica pasiva Ethernet (EPON, por sus siglas en inglés), estándar aprobado en el documento IEEE 802.3ah en el año 2004, donde se utiliza un red con tecnología punto-multipunto. Todos los paquetes que se transportan en EPON son

encapsulados como tramas Ethernet, por lo que es capaz de soportar distintas longitudes de onda. Se encuentra basado en un protocolo de control multipunto (MCPC, por sus siglas en inglés), en el que se usan recursos como estados de máquina, temporizadores y mensajes para controlar el acceso a la tecnología punto – multipunto. El alcance es dependiente de la tecnología utilizada en el láser, esto es 10 Km para FP – LD y 20 Km para DFB – LD. Las velocidades de transmisión se asignan de forma simétrica, las cuales soportan: 1.25Gbps/1.25Gbps y 2.5Gbps/2.5Gbps (7).

#### 4.6. Arquitectura GPON

GPON es una tecnología punto multipunto, considerada comúnmente como una red pasiva, pero sin embargo en sus extremos podemos encontrar elementos activos como lo son el terminal de línea óptica (OLT, por sus siglas en inglés) y el terminal de red óptica (ONT, por sus siglas en inglés), la primera al comienzo de la red y la segunda al final de la misma (8), en la Fig. 10 se puede observar la arquitectura GPON.

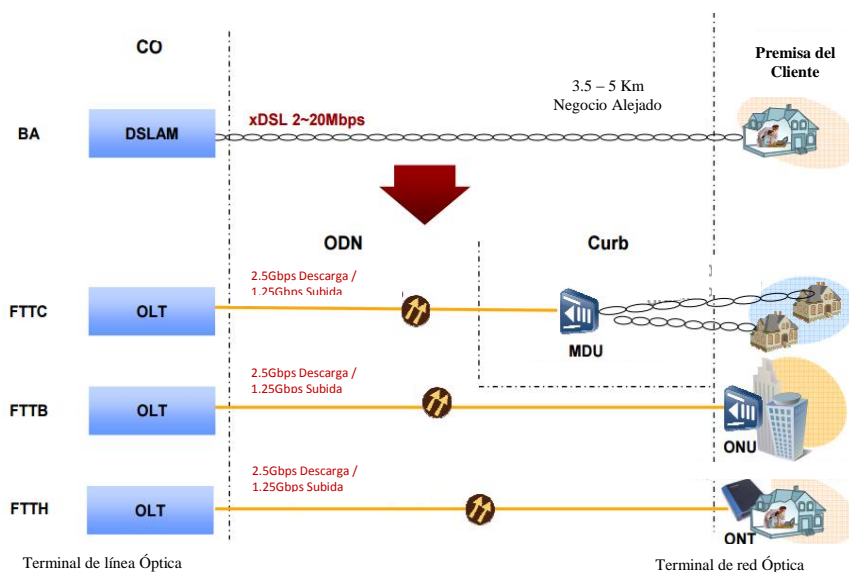


Fig. 10 Ejemplo de arquitectura GPON.  
Fuente: (8)

En lo que se refiere al transporte, la CNT E.P. utiliza un modelo de referencia que es bidireccional y posee dos esquemas: TDM para el transporte descendente y TDMA para el ascendente, cabe recalcar que la norma de diseño indica una máxima tasa de división utilizada de 1:32, es decir, ingresa una fibra y salen 32.

#### 4.6.1. Terminal de línea óptica (OLT)

Es un elemento activo del cual forman parte las redes de fibra óptica hacia los usuarios, tiene capacidad de dar servicio a miles de consumidores conectados al servicio que se desea dar.

La OLT sincroniza y administra el tráfico de descarga (*downlink*) en el tramo OLT – ODN – ONT en modalidad TDM, es decir es la encargada de administrar todo el tráfico que circula a través de la ODN. También gestiona el tráfico de subida (*uplink*) en el tramo ONT – ODN – OLT en modalidad TDMA. Físicamente, la OLT está conformada por un chasis en el que se tiene espacio (*slots*) para la colocación de varias tarjetas, la CNT E.P. especifica que los distintos tipos de tarjetas que una OLT debe poseer son los siguientes:

- Tarjeta *Fan Tray* (ventilador).
- Tarjeta de poder (ubicadas en los *slots* 21 y 22).
- Tarjetas de gestión y control (ubicadas en los *slots* 9 y 10).
- Tarjetas de *uplink* (ubicadas en los *slots* 19 y 20).
- Tarjetas de servicios (ubicadas en los *slots* 1...8 y 11...16).
- Tarjetas de 16 x E1s para telefonía (ubicadas en los *slots* 17 y 18).

Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación, una de sus funciones más importantes es la de hacer las veces de router para ofrecer todos los servicios demandados por el usuario, este elemento de la red GPON se encuentra en las oficinas del operador (9). El OLT consta de tres partes principales:

- Función de interfaz de puerto de servicio: Consta de la función de interfaz ODN y la TC PON que incluye el entramado, el control de acceso al medio, el protocolo de Mantenimiento, Administración y Operación (OAM, por sus siglas en inglés), el asignamiento de ancho de banda dinámico (DBA, por sus siglas en inglés), alineación de unidades de protocolo para funciones de conexión cruzadas, la gestión de la unidad de red óptica (ONU, por sus siglas en inglés), cada una de estas selecciona un modo ya sea ATM o el método de encapsulación GPON (GEM, por sus siglas en inglés) (9).

- Bloque de conexión cruzada: proporciona una trayectoria a las comunicaciones entre el bloque anterior y el de servicio. La tecnología que se emplea para encaminar los datos están en función del servicio que se presta y de la arquitectura interna de la OLT, de hecho una de las funciones principales de la OLT es la de proporcionar la funcionalidad de la conexión cruzada en el modo seleccionado del bloque anterior (9).
- Interfaz de ODN: Proporciona la información entre las interfaces de servicio y trama de la sección PON (9).

Cabe recalcar que cada una de las tarjetas de servicio (en este caso GPON) debe tener 8 puertos PON, con una velocidad de descarga de 2.4 Gbps y 1.2 Gbps en subida. Desde aquí es donde parte el cable troncal (*Feeder*) que alimentara a todos los armarios GPON proyectados, y en los que se encuentran los *splitters* que a su vez originaran la red de distribución en cada uno de los distritos.

#### **4.6.2. Terminal de red óptica (ONT)**

Es el elemento que se sitúa en la casa del usuario donde termina la fibra óptica y ofrece las interfaces del usuario, los ONT deben estar fabricados de tal manera que soporten las peores condiciones ambientales por lo que generalmente vienen equipadas con baterías (10).

Existe una gran variedad de ONT en función de los servicios que se quieran brindar, como por ejemplo:

- Interfaces de Fast – Ethernet que soportan velocidades de hasta 100Mbps, estas son generalmente para consumidores residenciales ofreciendo los servicios de internet y TV (10).
- Interfaces de Gigabit – Ethernet que alcanzar velocidades de hasta 1Gbps, esto para usos empresariales (10).

Debido a que no existe interoperabilidad total entre la OLT y la ONT GPON, los fabricantes de estos equipos deben ser los mismos para que exista interoperabilidad entre sí.

En la Fig. 11 se puede apreciar una ONT marca Huawei, modelo HG8245 que posee dos puertos de telefonía, dos antenas para servicio wifi, dos puertos de IPTV e incluso un puerto USB.



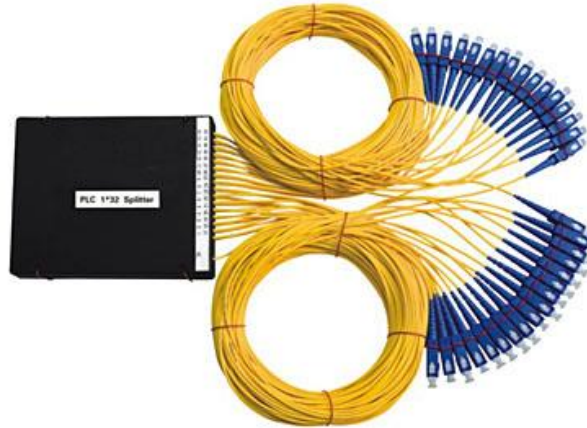
**Fig. 11** ONT Huawei HG8245.  
Fuente: (14)

## **4.7. Elementos pasivos de una red GPON**

### **4.7.1. Divisor óptico pasivo (*Splitter*)**

Son los elementos encargados de replicar la señal óptica de entrada, en una ODN los niveles de atenuación incrementan conforme se aumenta el número de salidas de un *splitter*. Como se había mencionado anteriormente, los *splitters* se encuentran en el armario GPON, el cual tiene capacidad para 12 divisores, siendo utilizados solamente 9 de ellos. Los *splitters* vienen en distintas tasas de división óptica representadas de la forma 1:N en donde N puede ser 2, 4, 8, 16, 32, 64 e inclusive 128, aunque la normativa de la CNT E.P. especifica que solamente se utilizaran *splitters* con una tasa 1:32 (11). Las soluciones que se manejan para redes PON están sujetas a la forma en que se conectan los *splitters* pudiendo ser conmutadas, en cascada o centralizadas. En el primer caso se ubica los *splitters* en la oficina central, nodo o terminal remoto. Para el segundo caso, en cascada, se utiliza una combinación de *splitters* de múltiples o iguales radios en diferentes localidades. Para el último caso, el centralizado, se diseña de tal forma que un único *splitter* es ubicado dentro de una cabina desde donde el enlace con el usuario se

efectúa con fibra óptica dedicada únicamente hacia ese usuario (11). Se lo puede observar en la Fig. 12.



**Fig. 12** *Splitter* óptico pasivo.  
Fuente: (14)

Estos pueden ser clasificados de acuerdo a la longitud de onda que manejan:

- Acoplador de Modo Simple (SSC, por sus siglas en inglés): Para longitudes de onda con desviaciones de señal mínimas o bajas tolerancias (11).
- Acoplador de Ventana Única (WFC, por sus siglas en inglés): Para un único rango de longitud de onda (11).
- Acoplador de Ondas Independientes (WIC, por sus siglas en inglés): Para dos rangos de longitudes de onda (11).
- Multiplexores por División de Onda (WDM, por sus siglas en inglés): Para dos longitudes de onda separadas (11).

#### **4.7.2. Distribuidor óptico (ODF)**

Es un elemento pasivo que permite la conexión y terminación de un elemento de fibra mediante el uso de conectores para mejorar la manipulación, organización, mantenimiento y protección del segmento de fibra. En su interior se dispone del espacio físico adecuado para el almacenamiento de reservas de fibra, así como empalmes y



patch cords. Su ventaja es que permite una escalabilidad adecuada de la red y en orden (12). Véase la Fig. 13.



**Fig. 13** Distribuidor optico.  
Fuente: (14)

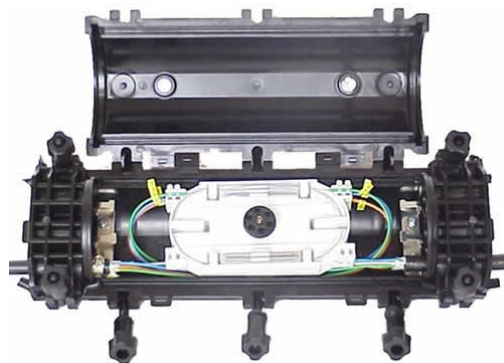
Se encuentra constituido por un chasis, una bandeja y un *cassette*, donde se resguardan las conexiones termo contraíbles y la fibra de reserva, cualidades que se hallan en ODF's de interior. En ODF's de exterior se cuenta con tamaños reducidos de acuerdo al número de conexiones o terminaciones a realizar (12).

#### 4.7.3. Mangas

Es un dispositivo destinado a dar soporte mecánico a los empalmes de fibra óptica, encierra de forma hermética las conexiones de seccionamiento que se establecen en determinados puntos de la red, con la finalidad de brindar seguridad y prevención de efectos generados por condiciones ambientales en ese punto.

Existen mangas con propiedades que le dan al conjunto de empalmes una larga vida útil utilizando para ello químicos como el nitrógeno (1). Constan de las siguientes partes como se puede apreciar en la Fig. 14.

- Compartimento para empalme.
- Abrazadera para cierre hermético.
- Ductos de entrada salida.



**Fig. 14** Manga porta empalmes.  
Fuente: (14)

#### 4.7.4. Empalmes

Debido a la necesidad de contar con tramos de fibra óptica manejables en cuanto a su longitud y a la cantidad de elementos que pueden llegar a conectarse a la red aplicada, los empalmes cumplen con la función de enlace, ya sea entre tramos, conectores y terminaciones de fibra óptica (1). Existen dos tipos de empalmes:

- Mecánicos o manuales: De rápida construcción, poseen cualidades como temporalidad o permanencia de su uso, generan altas atenuaciones que van en el orden de 0.2dB a 1dB (1).
- Fusión: Son empalmes permanentes, se realizan mediante el uso de máquinas especialmente diseñadas para ello. Este tipo de empalme genera atenuaciones bastante bajas que van en el orden de los 0.01dB a 0.1dB (1).

#### 4.7.5. Conectores para fibra óptica

Algunos conectores se pueden observar en la Fig. 15. Los elementos que permiten el enlace de los distintos tramos deben poseer ciertas características que faciliten y no afecten en proporciones considerables las pérdidas que conseguirían por su inserción (13).



Fig. 15 Distintos tipos de conectores para fibra.  
Fuente: (13)

Los conectores permiten la conexión de extremos de dos fibras ópticas con la cualidad de cambio, es decir reconectarse varias veces evitando ser de tipo fijo según sean las exigencias de la red y la necesidad de flexibilidad en su construcción (13). Existen algunos tipos de conectores, entre los que se pueden destacar:

- Conector ST: Véase la Fig. 16. Es un tipo de conector que se ensambla con la entrada a la fibra en la misma forma que se inserta la llave para abrir el seguro de un auto. Solo hay una manera de insertar el conector, de esta manera se obtiene consistencia en la forma de conectar y desconectar la fibra (13).



**Fig. 16** Conector ST.  
Fuente: (13)

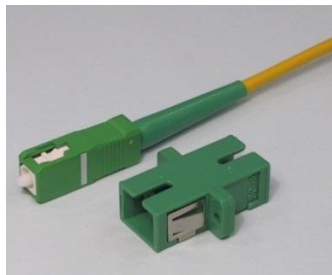
Son muy utilizados en redes de área local, sistemas de instrumentación y control industrial.

- Conector SC: Véase la Fig. 17. Es un conector de fibra del tipo *push – pull* que es un mecanismo de enganche rápido que proporciona la inserción y la alineación al mismo tiempo que aseguran una conexión positiva (13).



**Fig. 17** Conector SC.  
Fuente: (13)

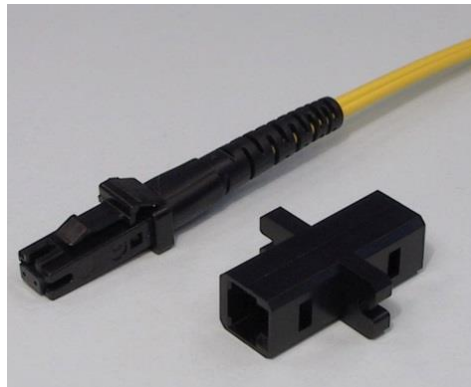
- Conector SC/APC: Véase la Fig. 18. Son conectores totalmente compatibles con los conectores SC. Existen distintas versiones ya sea para monomodo o multimodo así como distintos tipos según se utilice el tipo de fibra (13).



**Fig. 18** Conector SC/APC.  
Fuente: (13)

Este conector permite una alta densidad de conexiones en repartidores frente a otros estándares, son empleados en interconexión en planta por compañías operadoras en todo el mundo en aplicaciones de CATV o telefonía donde se requiere un excelente comportamiento de la conexión óptica (13).

- Conector MT – RJ: Véase la Fig. 19. Se lanzó al mercado para aplicaciones FTTB, ofrece en un espacio RJ45 una presentación dúplex de los núcleos de fibras en el lado final de los canales de transmisión y recepción evitando con esto el uso de patchcord duplex convencionales. Se encuentra adaptado para tasas de transmisión multimodo de hasta 1Gbps aunque también se puede utilizar con fibras monomodo (13).

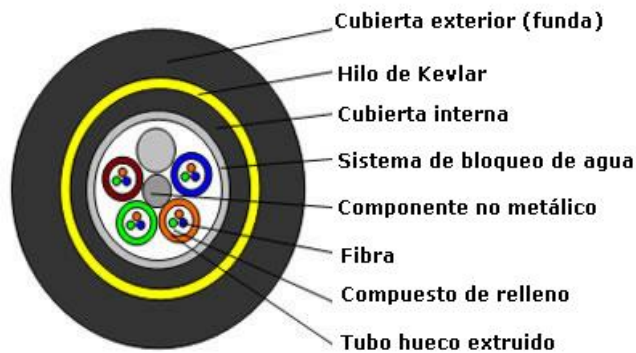


**Fig. 19** Conector MT – RJ.  
Fuente: (13)

#### **4.7.6. Tipos de cable de fibra óptica**

Los cables de fibra que se desplegarán en planta externa deben cumplir con la normativa ITU – T G.652D, en lo referente a enlaces troncales y de acometida, en los tramos de acometida para abonado (última milla) se utilizara cable que cumpla con la norma ITU – T G.657 (14).

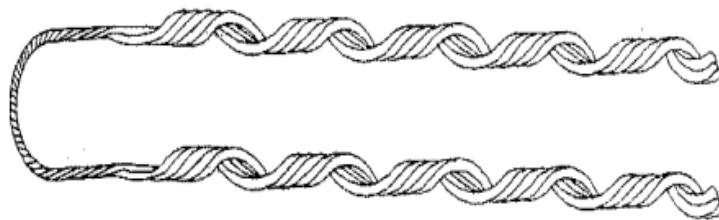
En lo referente al tendido subterráneo de cable, se debe utilizar cable de ducto o blindado si se desea enterrarlo directamente. En este caso el cable para tendido aéreo que se utilizará es el dieléctrico auto soportado (ADSS, por sus siglas en inglés), siendo este mismo tipo de cable el seleccionado para el despliegue de la red subterránea (15). En la Fig. 20 se puede observar un cable ADSS.



**Fig. 20** Cable de fibra óptica ADSS.  
Fuente: (15)

#### 4.7.7. Preformado para cable ADSS

Es utilizado junto con los herrajes para brindar un mayor agarre sin dañar la fibra, a la vez que se distribuye la fuerza a través de toda su longitud. Se lo aplica a través de una especie de guardacabos denominado Thimble Clevis. El preformado se puede observar en la Fig. 21 (15).



**Fig. 21** Preformado para fibra ADSS.  
Fuente: (15)

#### 4.7.8. Thimble clevis

Especie de guardacabos, con el cual se sujeta el preformado al brazo extensor del herraje tipo A, del que es parte fundamental, se lo puede apreciar en la Fig. 22 (16).



**Fig. 22** Thimble Clevis.  
Fuente: (16)

#### 4.7.9. Herraje de retención

También conocido como herraje tipo A, sujeta el mensajero del cable de fibra y el Thimble Clevis para el cable ADSS, es utilizado en los postes en donde se ha realizado un empalme, en tramos que no sean completamente rectos, o en postes donde la fibra cambia de trayectoria, en la Fig. 23 se puede observar un herraje tipo A armado en un poste (16).



Fig. 23 Herraje tipo A.  
Fuente: (16)

#### 4.7.10. Herraje de suspensión

También se lo conoce como herraje tipo B, es utilizado en postes en los que los tramos de fibra son completamente rectos, la normativa CNT E.P. nos indica que por cada dos herrajes tipo B se debe utilizar un herraje tipo A, el herraje de suspensión se puede apreciar en la Fig. 24 (16).



Fig. 24 Herraje tipo B.  
Fuente: (16)

#### 4.7.11. Herraje de pozo

Es un kit que asegura que el cable de fibra óptica este bien asegurado dentro de un pozo o cámara subterránea, está compuesto por los siguientes elementos: pernos de empotramiento, consolas y porta consolas, sujeta cables y pernos. Todos estos elementos se pueden observar en la Fig. 25 (14).



**Fig. 25** Kit para ensamblaje de herraje de pozo.  
Fuente: (14)

#### **4.7.12. Porta reservas**

Permite fijar las reservas subterráneas de fibra óptica de una manera ordenada dentro de los pozos o cámaras subterráneas, se lo puede observar en la Fig. 26 (14).



**Fig. 26** Porta reservas de fibra óptica.  
Fuente: (14)

#### **4.7.13. Manguera corrugada**

Es una manguera de  $\frac{3}{4}$ '' utilizada para recubrir el cable de fibra óptica a su paso por un pozo o cámara subterránea, en la Fig. 27 se puede apreciar este elemento (14).



**Fig. 27** Manguera corrugada de  $\frac{3}{4}$ '' .  
Fuente: (14)

#### **4.7.14. Herraje cruce americano**

Tipo especial de herraje que es utilizado para realizar un cambio de dirección en ausencia de postes, sin embargo se necesita de dos postes para realizar la sujeción (por medio de contrafuerza) del herraje (15). Se lo puede apreciar en la Fig. 28.



**Fig. 28** Herraje cruce americano.  
Fuente: (15)

#### **4.7.15. Tapón simple de 1 1/4"**

Es utilizado para sellar un monoducto en presencia de un cable de fibra óptica, esto con el objetivo de evitar el ingreso de roedores o cualquier otro agente dañino, los tapones se pueden observar en la Fig. 29 (16).



**Fig. 29** Tapones para monoducto de 1 1/4".  
Fuente: (16)

#### **4.7.16. Tapón ciego de 1 1/4"**

Se lo utiliza en los monoductos que están libres, es decir, por donde no pasa un cable de fibra óptica, ayudan a evitar el ingreso ya sea de lodo o agua en dicho ducto, este tapón se observa en la Fig. 30 (16).



**Fig. 30** Tapón ciego para monoducto de 1 1/4".  
Fuente: (16)



#### 4.8. Red de Acceso GPON

La red de acceso se encuentra constituida por tres partes principales (las cuales ya se había indicado anteriormente), y son: el terminal de línea óptica (OLT), que se ubica en la “oficina central”, conectado a un terminal de red óptico (ONT) en la casa del abonado a través de la ODN (Red de Distribución Óptica) (8). Esto se puede observar en la Fig. 31.

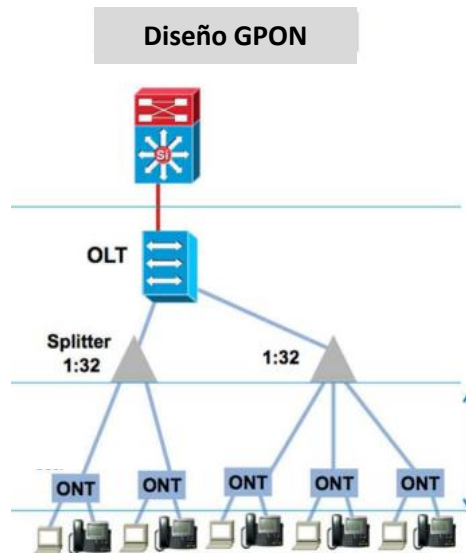


Fig. 31 Estructura de una red GPON.  
Fuente: (8)

##### 4.8.1. Red de distribución óptica (ODN)

Corresponde a la fibra que va desde la OLT hasta ONT en casa del abonado, como se había indicado anteriormente, la ODN es completamente pasiva, es decir, no posee elementos energizados (activos) como por ejemplo la ONT o la OLT. La ODN está compuesta por los siguientes elementos (8):

- Patchcord de fibra entre la OLT y el ODF: Este es un tramo de fibra con una longitud máxima de 5 metros.
- ODF: Elemento pasivo de la red, es una bandeja que permite la conexión con la OLT, su principal ventaja es permitir la adecuada organización de las fibras para su rápido y fácil mantenimiento.
- Cable Feeder: Este es el cable que abastecerá a los armarios de cada distrito GPON proyectado y que se origina en los puertos PON de la OLT, para este

proyecto se necesitó un cable con una capacidad de 144 hilos de los cuales se destinara 12 hilos por cada armario, según la normativa CNT E.P. este cable debe ser canalizado en su totalidad.

- Cable de distribución: Se lo puede definir como el cable que conecta un *splitter* primario con una caja de distribución, en este caso los cables de distribución se originan en el armario GPON (que es donde se encuentran los *splitter*) pudiendo ser su capacidad de 12, 24, 48, 72 o 96 hilos.

#### **4.8.2. Protocolos utilizados por la redes GPON**

Para la transmisión de la información se utiliza la tecnología de multiplexación por división de tiempo (TDM, por sus siglas en inglés) para el envío de información en el enlace de descarga a través de periodos de transmisión fijos y el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés) en sentido ascendente (*uplink*), que evita la presencia de colisiones (1).

Debido a la topología en árbol de la red GPON, se utiliza la comunicación broadcast para enviar un mensaje a todos los miembros de la red, estos poseen la capacidad de discriminar los datos hacia la ONT indicada, utilizando para esto, técnicas de seguridad como el Estándar de Encriptación Avanzada (AES), brindando una mayor confiabilidad en la comunicación (1).

La tecnología GPON utiliza de forma eficiente el ancho de banda al disponer de este en los instantes en los cuales hay tráfico y aumentando la capacidad de los usuarios en forma individual gracias a la técnica conocida como asignación dinámica de ancho de banda (DBA, por sus siglas en inglés) (1).

En lo que se refiere al transporte de datos, se aplican protocolos usados en estándares previos a la tecnología GPON como por ejemplo, el ampliamente utilizado ATM y el reciente GEM, que resulta de una adaptación del estándar de procedimiento de trama genérico (GFP, por sus siglas en inglés) (1).

## **4.9. Recomendaciones UIT G.984.x**

### **4.9.1. Recomendación UIT G.984.1**

Habla acerca de la introducción al estándar GPON, presentando las características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada (1).

### **4.9.2. Recomendación UIT G.984.2**

Este es el conjunto de especificaciones técnicas para el correcto manejo de la capa dependiente de los medios físicos (PMD, por sus siglas en inglés), esta capa cubre sistemas con tasas nominales de velocidad de 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección descendente (*downlink*), así como 155.52Mbps, 622.08Mbps, 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección ascendente (*uplink*), además explica el manejo simétrico y asimétrico de las señales con referencia a las velocidades anteriormente descritas (1).

La descripción de esta recomendación es bastante amplia pues abarca servicios de voz, distributivos y de datos con velocidades en Gigabits. Se debe notar que la arquitectura que se analiza en el manejo de la PMD es del tipo árbol y rama punto a multipunto capaz de servir a las interfaces usuario – red (1).

### **4.9.3. Recomendación UIT G.984.3**

También conocida como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (Transmission Convergence), nos indica los formatos de la trama utilizada, el método de control de acceso al medio, el método ranging, la función OAM y la seguridad en redes GPON. Puede decirse que esta recomendación está directamente relacionada a los aspectos de la fibra óptica, explicando algunas de las redes con métodos de acceso flexible que utilizan este medio, describiendo las características de las redes PON. Además involucra los pasos que se deben considerar en el diseño de la red GPON, en base a las distancias, funcionalidad y seguridad (1).

### **4.9.4. Recomendación UIT G.984.4**

Esta es la especificación de la interfaz de control y gestión (OMCI, por sus siglas en inglés) de la terminación de red óptica de lado del usuario (ONT), en los análisis se enfocan recursos y servicios procesados de una Base de Información y Gestión (MIB,

por sus siglas en inglés), la cual es independiente del protocolo de comunicación utilizado entre la OLT y la ONT (1).

La información especificada en esta recomendación permite conocer a fondo como se administran los diferentes servicios y sus respectivas tramas según las relaciones y atributos dentro del sistema de encriptación (1).

#### **4.9.5. Recomendación UIT G.984.5**

Esta recomendación sugiere un rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para una futura implementación de nuevos servicios a través de la técnica de multiplexación WDM, esto para aprovechar de mejor manera las cada vez más capaces redes ópticas pasivas (1).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se basa en el profundo conocimiento de la normativa de dibujo y de diseño tanto de planta externa como de canalización telefónica de la CNT E.P., utilizando además datos obtenidos por el autor de este trabajo para poder diseñar una red escalable, que cumpliera con la normativa de la CNT E.P. y que tuviera una muy buena relación costo beneficio. Para fines prácticos se estableció un plan de trabajo en el cual se ha incluido la metodología que se explicará a continuación de manera detallada.

Luego de la firma del convenio de confidencialidad, la CNT E.P. procedió a entregar las bases de datos de los abonados existentes en los distritos de cobre que conforman la zona del diseño. Las bases de datos están ordenadas por número de caja y contienen el nombre del abonado, el número telefónico y su dirección, es por esto que fue necesario realizar un reconocimiento de la zona para ubicar cada una de las cajas existentes y de paso revisar la disponibilidad de los postes para la ubicación de las NAPs de la red GPON.

A continuación se diseñó la encuesta (Anexo 1) que se aplicará, realizando solamente las preguntas necesarias que permitan obtener la mayor cantidad de datos necesarios para realizar la tabulación de las mismas. Cuando se tuvo todo listo se comenzó con la tarea del encuestado, siendo aplicadas un total de 1686 encuestas, sin contar los lotes baldíos, ya que al tratarse de un sector céntrico en su mayoría, o no existen o son muy pocos, motivo por el que se los identificó durante el reconocimiento de la zona.

Al terminar el encuestado, se identificaron los usuarios que por cualquier motivo no pudieron ser localizados, a este grupo se lo contacto vía telefónica, realizando las llamadas desde el edificio administrativo de la CNT E.P., una vez concluida esta tarea se procedió a tabular la base de datos, la tabulación se puede definir como la extracción de los datos obtenidos en las encuestas, entre estos datos se pueden enumerar: código catastral, número de casa, número de líneas telefónicas, nombre de la persona encuestada, número telefónico de dicha persona (si lo posee), proveedores de los servicios de telefonía, Internet y televisión, precios que la persona cancela por dichos servicios, etc. Es a partir de estos datos que se obtiene el empaquetado de servicios

(combinación de servicios) que poseen los abonados existentes y que podrían desear los potenciales.

Una vez hecho esto, se solicitó al M.I. municipio de la ciudad de Loja un plano georeferenciado de la ciudad, este contiene los datos referentes al catastro del año 2014, aquí se delimitó la zona del proyecto y, haciendo uso de la simbología proporcionada por la CNT E.P., se ubicaron los símbolos de demanda existente y proyectada en cada uno de los predios del sector, cabe indicar que en cada símbolo se debe ingresar la mayor cantidad de información posible, por ejemplo, distrito y caja al que pertenece el usuario. Cuando se termine de ubicar todos y cada uno de los abonados, se coloca el símbolo de ONT que también se encuentra en la simbología de dibujo, se debe tener en cuenta que cada ONT tiene dos puertos telefónicos, por esta razón si un abonado tiene 3 líneas telefónicas, se deberán colocar 2 ONTs con su nombre. Luego, se colocan los postes, para esto se utiliza el símbolo de poste de la simbología de la CNT E.P., para ubicar los postes en las coordenadas correctas se visitó la página web de la EERSSA (<http://www.eerssa.com/>), y a continuación se ingresó en la pestaña SIG, en esta página se encuentra toda la información referente a la infraestructura de planta externa de dicha empresa.

Una vez que se ha colocado toda la demanda existente y proyectada, se procede a diseñar la red de dispersión, para esto se juntaron 8, 9 o 10 ONTs, que conforman una zona de dispersión (área de cobertura de una caja), cuando se finalizó esta etapa se colocaron y enumeraron todas las cajas en los postes que se habían identificado previamente, se debe tener en cuenta que la normativa de la CNT E.P. indica que la distancia máxima desde la NAP hasta un abonado es de 300 metros. Cabe indicar que la normativa de dibujo GPON establece que las cajas (o NAPs) deben ser identificadas de la siguiente manera: serie A1...A4 hasta la serie F1...F4, la numeración se realiza basándose en la distancia que existe desde el armario hasta la NAP, es decir, la caja A4 se encontrará más cerca al armario que la caja A1.

La siguiente etapa de este trabajo consiste en el diseño la red de distribución, esta es la parte que une el armario GPON con las NAPs, la capacidad de cables para esta parte de

la red es de 12, 24, 48, 72 o 96 hilos. La normativa de la CNT E.P. nos indica que no pueden existir más de dos cortes en un mismo tramo de fibra. Es aquí en donde se tomaron consideraciones especiales debido a la alta densidad de abonados existentes en el sector, por ejemplo, se evitó colocar dos NAPs en un mismo poste, esto debido a que en determinados sectores, la falta de los mismos limitaba la ubicación de nuevas cajas, esto se solucionó mediante la proyección de nuevos postes ya sea para evitar colocar un herraje cruce americano o simplemente albergar una NAP. Se instala un herraje cruce americano cuando no se tiene un poste para realizar el cambio de dirección de un cable, ahorrándose la instalación de un poste nuevo.

En el diseño de la red *Feeder* se utilizó un cable con capacidad de 144 hilos, los cuales alimentan a los 10 armarios GPON proyectados, cada armario es alimentado por 12 hilos del *Feeder*, realizando una derivación de hilos en cada uno de los armarios, las mangas utilizadas son mangas de empalme porta *splitter*, esto debido a la red corporativa que se proyectó en el sector y cuyos *splitters* se ubican en las mangas troncales 2, 5 y 6 (Anexo 4). Para la red corporativa fue necesario el diseño de una red de dispersión aparte, los 45 clientes corporativos proyectados se agruparon en 6 zonas de dispersión corporativa. Cabe indicar que el diseño no incluye radio bases, pero sin embargo se contemplaron 12 hilos para este propósito.

Luego se diseñó la canalización, con las respectivas subidas a poste, debido a que la vía principal (la Av. Manuel Agustín Aguirre) ya posee canalización, ésta solamente se proyectó para las calles secundarias, la normativa de la CNT E.P. sugiere que en las calles secundarias se debe proyectar canalización de 2 vías más 2 triductos, otro tramo proyectado fue en la Av. Occidental para unir los armarios D23 y D24. Cuando se finalizó la proyección de pozos y canalización se dibujaron los ejes de canalización tanto existente como proyectada, y finalmente se realiza el conteo de los tapones, para esta actividad se deben tener en cuenta el número de vías de cada pozo (solamente los proyectados) y en base al número de cables que pasen por determinado pozo se indica el total de tapones necesarios.

El siguiente paso dentro del proceso de diseño es el dibujo de los esquemáticos tanto de la red *Feeder* como de la red de distribución, esto se realiza en planos separados, teniendo en cuenta que no se debe incluir la planimetría del sector, solamente se muestra las NAPs, las mangas de empalmes, los armarios y la fibra óptica. Algo muy importante es que todas las líneas que se trazan, es decir la fibra óptica, debe de realizar curvas en ángulo recto, y la ubicación de cada elemento debe ser fiel a su ubicación en el plano base.

El diseño finalizó con el cálculo del volumen de obra, en el cual se debe contabilizar todos los materiales que se utilizarán en el diseño, por ejemplo: longitudes de fibra, cantidad de NAPs, se especifican los tramos de pozos, el número de vías de cada uno, y en base a esto la longitud de canalización, entre otros. Para contar el total de herrajes fue necesario extraer los datos desde el plano utilizando el comando *data\_extaction*, mediante este método se pueden obtener los datos de pozos, herrajes, tapones y preformados de manera correcta y sencilla.

Finalizada la etapa de diseño se realizó el análisis económico – financiero, tomando como base la tabulación de las encuestas, los costos obtenidos de las redes de dispersión, distribución, *Feeder*, corporativa y canalización así como el costo de las ONTs a implementar y de las instalaciones de servicios (en la que ya se toma en cuenta el costo de la mano de obra) se establece la inversión inicial, los egresos anuales por concepto de mantenimiento y gastos varios así como los ingresos mensuales y anuales que producirá la red diseñada. Finalmente, en base a los datos anteriormente indicados, se realizó el cálculo de los indicadores financieros, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).



## 6. RESULTADOS

### 6.1. Demanda de servicios de telecomunicaciones en el sector occidental de la ciudad de Loja

El sector occidental cubre parte de la zona céntrica de la ciudad, es hogar de varios de los negocios más grandes en Loja así como de edificios puramente residenciales, es por estas razones que existe un gran movimiento tanto poblacional como económico. Son muy comunes en este sector las solicitudes de traspaso así como de contratación de nuevos servicios ya sea por parte de personas jurídicas o naturales, convirtiendo esta zona en un sector con una alta demanda de servicios de telecomunicaciones. Este continuo crecimiento de la demanda, no solo de servicios sino también de ancho de banda obliga a un cambio de las antiguas redes de cobre hacia las modernas tecnologías de acceso como GPON, a través de la cual no solo se brindarán nuevos servicios sino que aumentarán la capacidad de los actuales.

### 6.2. Definición de la zona del diseño

El diseño de la red de distribución óptica se llevara a cabo en el sector occidental, de manera específica en la zona delimitada por las calles: Mercadillo y Av. Manuel Agustín Aguirre (punto A), la calle Manuel Monteros y Av. Manuel Agustín Aguirre (punto B), Av. Eugenio Espejo y Francisco Valdivieso (punto C), Av. Eugenio Espejo y Panzaleos (punto D), Av. Paltas y Panzaleos (punto E) y finalmente Av. Occidental y Mercadillo (punto F). En la Fig. 32 se puede observar delimitado dicho sector.



Fig. 32 Zona en la que se diseñará la ODN.  
Fuente: (El autor)

La mayor demanda se concentra entre la avenida Manuel Agustín Aguirre y la calle Ramón Pinto, fuera de estas calles la demanda es en su gran mayoría residencial, cabe destacar que la mayor parte de usuarios corporativos y varios edificios residenciales se encuentran en los límites antes mencionados.

### **6.3. Estudio de demanda**

Para poder establecer la demanda actual y proyectada en la zona del diseño se utilizó el método de encuesta, las cuales se aplicaron a cada predio existente dentro de la zona delimitada, utilizando para esto el formato de encuesta detallado en el **Anexo 1**.

La aplicación de encuestas permitió conocer algunos datos importantes para la CNT E.P. como por ejemplo: los servicios contratados de la CNT E.P. con los que el abonado cuenta actualmente (ya sea telefonía fija, telefonía CDMA, Internet o televisión satelital), así como los distintos servicios que los abonados han contratado de proveedores distintos, los precios que pagan por dichos servicios y la posibilidad de beneficiarse contratando un plan que incluya los tres servicios en un solo paquete y a precio reducido, de la misma manera se obtuvo la información referente al predio, es decir si en el predio se encuentra edificación alguna, si el lote es de uso agrícola, si se encuentra proyectada alguna edificación o simplemente es un lote baldío. Con los resultados de las encuestas se pudo definir la demanda actual así como la proyectada a un plazo de 25 años.

Para facilitar la aplicación de las encuestas se asignó a cada cuadra un código, de la misma manera se lo hizo con los predios en esa cuadra. Cabe recalcar que la encuesta se realizó basándose en los planos catastrales del año 2014 que fueron proporcionados por el Municipio de Loja.

#### **6.3.1. Demanda existente**

La demanda existente es la conformada por toda persona que posea uno o varios servicios de telecomunicaciones, sin importar el proveedor que brinde dicho servicio. En las Tablas 3, 4 y 5 se puede observar el resultado de la tabulación en lo referente a servicios existentes, en la Fig.33 y Fig.34 se pueden observar estos datos en gráficos porcentuales.

Tabla 3. Abonados existentes en la zona de diseño.

<b>ABONADOS TOTALES DE TELEFONÍA CNT</b>	
1510	

Fuente: [El autor]

Tabla 4. Abonados existentes de Internet por proveedor.

<b>ABONADOS INTERNET POR PROVEEDOR</b>	
PROVEEDOR	NÚMERO ABONADOS
CNT	758
Claro	8
Klix	76
Loja System	1
Movistar	1
Nettplus	208
Speed Telecom	2
Telconet	8
TV Cable	35
<b>TOTAL</b>	<b>1097</b>

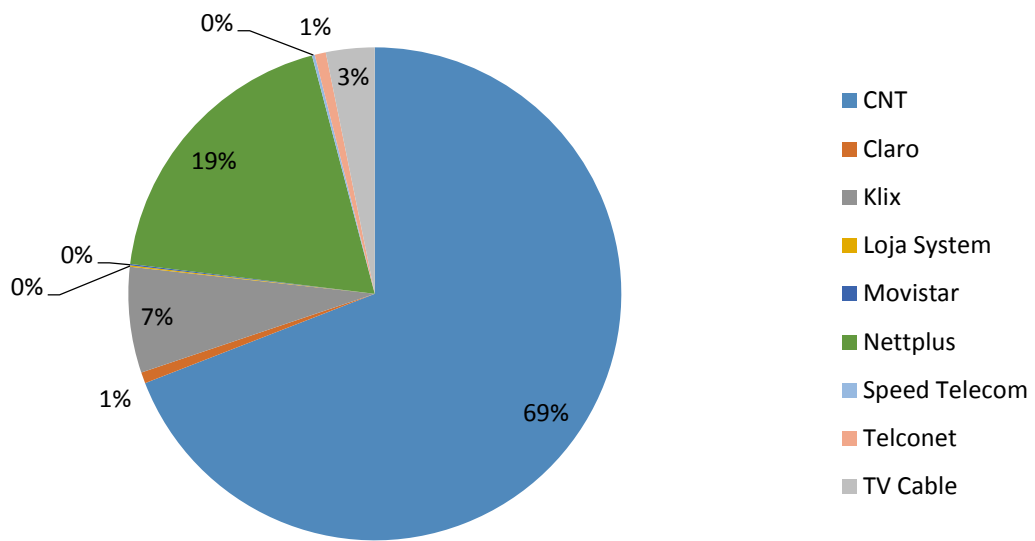
Fuente: [El autor]

Tabla 5. Abonados existentes de televisión por proveedor.

<b>ABONADOS TELEVISIÓN POR PROVEEDOR</b>	
PROVEEDOR	NÚMERO ABONADOS
CNT	243
Claro TV	5
Direct TV	123
Global TV	74
TV Cable	337
<b>TOTAL</b>	<b>782</b>

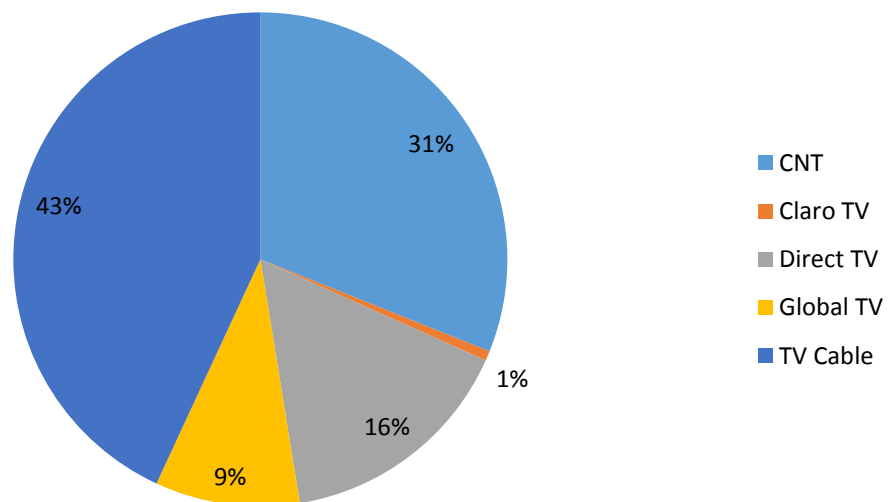
Fuente: [El autor]

## Distribución Del Servicio de Internet



**Fig. 33** Distribución porcentual del servicio de internet por proveedor.  
Fuente: (El autor)

## Distribución Del Servicio de Televisión



**Fig. 34** Distribución porcentual del servicio de televisión por proveedor.  
Fuente: (El autor)

### 6.3.2. Demanda proyectada

Luego de definir la demanda actual, se identificó la demanda proyectada. La demanda proyectada se refiere a todos los nuevos clientes que expresaron los deseos de contratar cualquier servicio de telecomunicaciones luego de la implementación de esta red. Aquí se incluyen clientes de otras empresas que deseen cambiar de proveedor así como personas que no posean un servicio en específico pero que hayan expresado su deseo de contratarlo. Esta demanda puede observarse en la Tabla 6.

Tabla 6. Demanda proyectada en la zona del proyecto.

Demanda Proyectada	
Servicio	Demanda
Telefonía	24
Internet	204
Televisión	217
Telefonía + Internet	110
Telefonía + Televisión	6
Internet + Televisión	142
Triple Play	21

Fuente: [El autor]

Cabe recalcar que se ha asumido demanda proyectada en determinados lotes vacíos así como en edificios en construcción, para estos se trató en lo posible de dialogar con sus propietarios para poder realizar la proyección necesaria.

### 6.4. Crecimiento de la demanda

Debido al costo y al tamaño del proyecto, así como a la larga vida útil que deben poseer las redes de telecomunicaciones modernas se ha decidido determinar el crecimiento de la demanda en la zona del proyecto para un periodo de 25 años con una tasa de crecimiento de 1.22% (17). Esto con el afán de poder dimensionar la red de manera que pueda cubrir la demanda tanto actual como proyectada.

Se utiliza la siguiente ecuación (16):

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

En donde:

$D(t)$ : es la demanda proyectada en el tiempo.

$D_0$ : es demanda actual (o inicial).

$i$ : es el porcentaje de crecimiento de la población.

$t$ : es el tiempo en cual se hace el análisis.

Reemplazando en la ecuación (2.1) se tiene:

$$D(t) = 1510 (1 + 1.22\%)^{25}$$
$$D(t) = 2044.72 \cong 2045 \text{ abonados}$$

Utilizando la misma ecuación para la cantidad de abonados potenciales que se puede apreciar en la Tabla 4, se obtiene el aumento de la demanda proyectada en un plazo de 25 años, tal como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Demanda proyectada dentro de 25 años.

<b>Demanda Proyectada en 25 años</b>		
<b>Servicio</b>	<b>Demanda Proyectada en 25 años</b>	<b>Incremento demanda proyectada en 25 años con respecto a la actual (%)</b>
Telefonía	33	37.5
Internet	277	35.78
Televisión	294	35.48
Telefonía + Internet	149	35.45
Telefonía + Televisión	9	50
Internet + Televisión	193	35.91
Triple Play	29	38.09

Fuente: [El autor]

## **6.5. Normativa de diseño GPON de la CNT E.P.**

En esta normativa, la CNT E.P. especifica todas las características de diseño que son necesarias para el correcto despliegue de una red FTTH con tecnología GPON desde un punto de vista técnico, la normativa es la herramienta de consulta de analistas, proyectistas e incluso contratistas de la empresa.

Esta normativa está orientada a definir las distintas arquitecturas y conceptos básicos que utiliza la CNT E.P. para el despliegue de redes GPON, así como las distintas

restricciones que existen para poder lograr un funcionamiento óptimo de los servicios GPON en la red de distribución óptica (ODN).

### **6.6. Infraestructura GPON de la CNT E.P.**

Los modelos de infraestructura varían de acuerdo al tipo de instalación de última milla (conexión hacia el abonado) y la infraestructura de la ODN, entre los posibles modelos se tiene:

- Modelo Masivo/Edificio.
- Modelo Masivo/Casas.
- Modelo Multiaccesos.
- Modelo Corporativo/Edificio (máximo de 10 pisos).
- Modelo Corporativo/Edificio (desde 11 a 20 pisos).
- Modelo móvil 3G y 4G.

El presente trabajo está enfocado en el modelo Masivo/Casas, ya que este es el que sirve de base para los demás modelos.

### **6.7. Consideraciones de diseño de la red**

Al momento de realizar el diseño se debe tener en cuenta varias consideraciones, las cuales son esenciales para poder cumplir con todos los requerimientos tanto de demanda así como de la normativa de la CNT E.P. Entre las más importantes están las que se enumeran a continuación:

- Se debe contar un plano georreferenciado del sector en el que se realizara el diseño, aquí debe estar incluida la postería existente que es de gran importancia al momento de seleccionar las distintas rutas que seguirá la fibra óptica. Se hace énfasis en la georreferencia ya que gracias a esto se pueden medir distancias reales en nuestro plano sin la necesidad de realizar un levantamiento de datos.
- Ya que no se puede conseguir un plano que contenga toda la información antes mencionada, se tuvo que realizar un levantamiento de datos, sobre todo en lo que se refiere a la postería existente de la EERSSA.

- Se debe tener en cuenta que la normativa de la CNT E.P. especifica que un cable *Feeder* siempre debe ser canalizado, por esta razón la fibra va desde la OLT a los ODF y de aquí hacia los armarios GPON, siendo canalizado todo su recorrido.
- Debe evitarse en todo momento que los cables crucen calles con alto tráfico vehicular como avenidas, ya no se da este caso en la zona seleccionada para el diseño, se ha tratado de evitar que gran cantidad de fibra cruce calles transversales transitadas mediante la colocación de cajas de distribución adosadas en pared.
- La normativa de la CNT E.P. señala un máximo de 300 metros de longitud entre una caja de distribución óptica y el abonado más lejano, sin embargo en los que se refiere a la ODN la longitud máxima esta especificada en función de la atenuación máxima que esta debe presentar, siendo este valor según la normativa de la CNT E.P. de 28dB.

## **6.8. Secuencia de diseño**

### **6.8.1. Generalidades**

Luego de la aplicación de las encuestas y de la colocación de los armarios GPON en cada distrito resultante dentro del plano georreferenciado, se determinó que el armario más alejado es el número D24, que se encuentra al final del cable *Feeder* y que tiene una longitud de aproximadamente 2600 metros.

De acuerdo a la normativa de la CNT E.P. al utilizar una tasa de división de 1:32 la longitud máxima de la ODN debe ser de 10 Km; por esta razón se ha determinado que la red diseñada podrá cubrir toda la demanda existente en el sector sin ningún problema.

Mediante las encuestas se determinó el número total aproximado de ONTs que se requerirá, y luego de los distintos levantamientos de información se procede a diseñar la red GPON haciendo uso de la simbología de dibujo de la CNT E.P. Cabe mencionar que el diseño consta de varios planos de red, los cuales se detallaran a continuación.



### 6.8.2. Plano red de dispersión

La manera más sencilla de definir la red de dispersión es comenzando por el punto de acceso a la red (NAP), cada caja tiene una zona de cobertura, esta es denominada zona de dispersión. La unión de todas las zonas de dispersión del diseño se denomina red de dispersión. Esta red sirve para delimitar la zona de cobertura de cada armario GPON, cabe mencionar que la capacidad de cada caja de distribución es de 12 abonados, sin embargo por normativa solo se puede utilizar hasta el 80% de esa capacidad, estando conformada cada zona de dispersión por un máximo de 10 abonados u ONTs.

Cabe indicar que en el presente trabajo, para aumentar la escalabilidad, en la mayoría de zonas de dispersión se asumieron 8 o 9 ONTs en lugar de las 10 indicadas por la normativa.

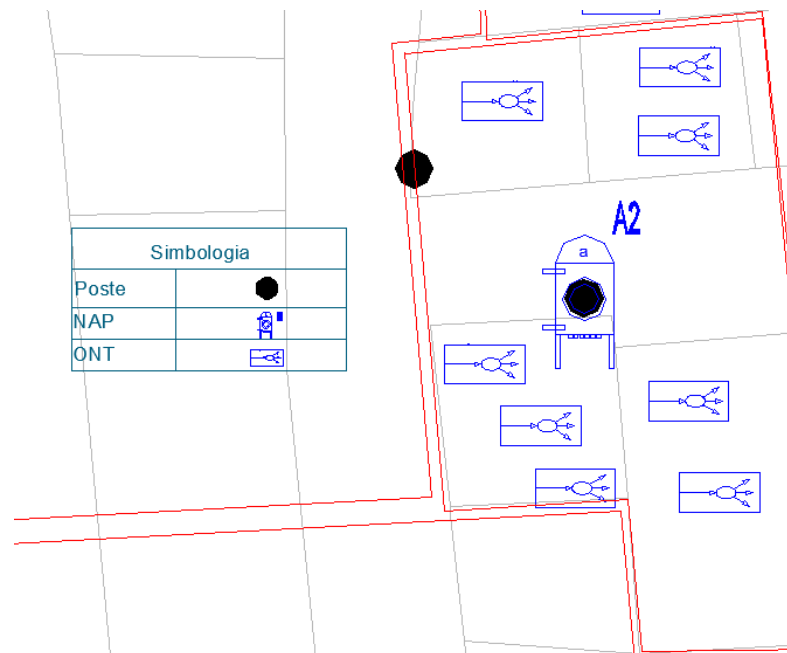


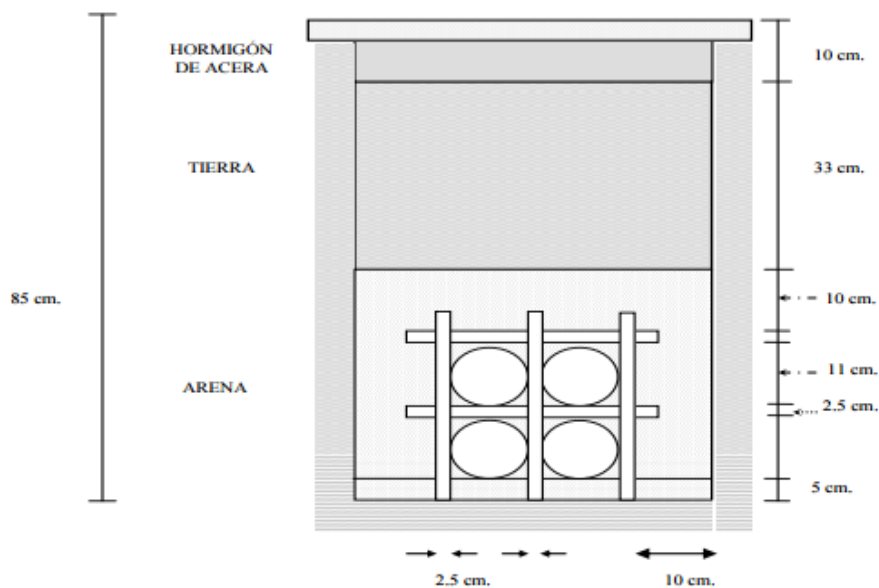
Fig. 35 Zona de dispersión.  
Fuente: (El autor)

En la Fig. 35 se puede apreciar la zona de dispersión de una caja de distribución óptica, la cual está delimitada por una línea de color rojo, se tuvo un total de 202 cajas de distribución óptica y por lo tanto el mismo número de zonas de dispersión.

### 6.8.3. Plano de canalización

Se desea una red que no posea cables aéreos en al menos las calles principales, esto debido a que en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y

Descentralización (COOTAD) el cual en el artículo 57 literal x, indica la regulación y control del uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra, obedeciendo esta ley se ha implementado la obligatoriedad del soterramiento de los cables tanto de telecomunicaciones como eléctricos, por esto, se decidió proyectar canalización de 2 vías más 2 triductos, ya que la canalización existente de 4 vías (ver Fig. 36) no cubre las zonas deseadas puesto que su recorrido es por la avenida Manuel Agustín Aguirre. Sin embargo, la canalización existente es, en su mayoría, muy útil al momento de llevar el cable *Feeder*, ya que este, según la normativa CNT E.P. debe ser, en su totalidad, canalizado. Algo muy importante es que la canalización es uno de los rubros más altos dentro de un proyecto, es por esto que su proyección está limitada a necesidades puntuales, como en este caso, un diseño en la parte céntrica de la ciudad. Se debe aclarar que la canalización existente no se encuentra apta para su uso inmediato, es por esto que en los volúmenes de obra se asumieron costos por limpieza de ductos y localización de pozos.



**Fig. 36** Ejemplo de canalización de 4 vías.  
Fuente: (29)

Dentro de la canalización proyectada se incluyen los pozos de mano, cuya dimensión es de 0,6 x 0,6 m y son de 2 vías, es en estos pozos que se realiza la subida a poste cuando no se tiene un pozo de mayor tamaño cerca. El resto de canalización considerada es, ya

sea de 48 u 80 bloques, los primeros son para el paso de fibra, mientras que los segundos son los proyectados en los lugares donde se tienen armarios GPON. Cabe señalar que para el paso de fibra se ha considerado en la mayoría de los casos ocupar primero los triductos, dejando los ductos de 4'' libres para su uso en un futuro.

#### **6.8.4. Plano de red feeder**

Esta es la red principal, que va desde la OLT hasta los armarios GPON, está conformada de un solo cable de fibra cuya capacidad depende del número de armarios al que va alimentar tomando en cuenta que se designan 12 hilos a cada uno, en el caso del presente diseño se tiene 10 armarios GPON, por lo que se necesitara un cable de 120 hilos de fibra ( $10 * 12 = 120$  hilos), debido a que no existe un cable comercial con dicha capacidad, y a que se debe dejar buffers de fibra libre para ser utilizados tanto en las radio bases como para clientes corporativos, se utilizará un cable de 144 hilos.

En el diseño se procuró que los armarios quedasen lo más cerca de la avenida Manuel Agustín Aguirre, con el afán de facilitar la derivación de hilos del cable *Feeder* y de que su trayectoria sea lo más recta posible.

#### **6.8.5. Plano de red de distribución**

Esta es la red que va desde los armarios GPON hasta las cajas de distribución óptica, previo al diseño de esta red se debe tener claro el número de zonas de distribución (que es análogo al número total de cajas de distribución óptica) así como la ubicación de cada una de las cajas de distribución. Para el tendido de esta red, ya sea canalizado o aéreo, se utiliza cable de fibra óptica con capacidades de 12, 24, 48, 72 o 96 hilos.

Se debe tener en cuenta que la distancia máxima entre postes es de 100 metros, caso contrario se debe proyectar un nuevo poste; de la misma manera no pueden colocarse dos cajas de distribución en el mismo poste. Es en esta red donde es necesario el uso de empalmes, restringiendo su aplicación a los casos en los que se debe dividir la fibra óptica para que esta tome dos o más trayectos distintos, los cuales están definidos por la ubicación de las cajas de distribución.

### 6.8.6. Esquemático de red

Es un plano en el que se aprecia, de forma sencilla, la ubicación de las cajas de distribución óptica, así como de los distintos empalmes y la distribución de los *splitter* dentro del armario GPON (es decir, que número de *splitter* alimenta a determinadas cajas de distribución). En estos planos no se incluyen ni la planimetría del sector, la distancia o tipo de fibra óptica, postes o pozos.

Cabe destacar que se debe realizar un esquemático de red no solo para cada distrito existente, sino también para la red *Feeder*, en la que se debe incluir las cajas de distribución óptica para los abonados corporativos proyectados así como los distintos empalmes existentes.

## 6.9. Balance óptico de la red

### 6.9.1. Generalidades

Es el análisis que permite determinar la potencia de la señal que llegará a cada uno de los elementos activos (es decir la OLT y la ONT), esto para evitar algún daño en los equipos así como para asegurar que estos serán capaces de recibir la señal entrante. Para este análisis se utilizará la siguiente ecuación:

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

En donde:

$P_r$  : Potencia recibida (dBm).

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

$\alpha_{TOTAL}$ : Atenuación total.

Teniendo esto en cuenta, y según se considera en la norma G.984.2, los equipos deben obedecer a los umbrales mínimos y máximos de potencia óptica entre la OLT y la ONT, los cuales se detallan en la Tabla 8. Se debe indicar que un equipo continuará funcionando así no se cumpla con el requisito de potencia máxima de recepción, pero se encontrará en peligro de sufrir averías.

Tabla 8. Umbrales de potencia de la OLT y la ONT.

Descripción	OLT	ONT
Potencia mínima de emisión	1.5 dBm	0.5 dBm
Potencia máxima de emisión	5 dBm	5 dBm
Potencia mínima de transmisión	-28 dBm	-27 dBm
Potencia máxima de transmisión	-8 dBm	-8 dBm

Fuente: (27), (28)

De la misma manera, para determinar la atenuación total en la red de distribución se toma en cuenta la pérdida que cada uno de ellos genera, en la Tabla 9 se pueden observar las atenuaciones típicas de los elementos de una red de distribución óptica.

Tabla 9. Atenuación típica de los elementos de una ODN.

Descripción	Atenuación Típica
Conectores	0.5 dB
Empalmes por fusión	0.1 dB
Armario óptico (9 <i>splitters</i> de 1:32)	17.5 dB
Fibra óptica (ventana 1310 nm)	0.35 dB/Km

Fuente: (14)

Como se puede apreciar, los *splitter* son los elementos que más pérdidas generan, su atenuación típica aumenta conforme se incrementa su tasa de división, es por esto que la normativa de la CNT E.P. recomienda una tasa de división óptica de máximo 1:32.

### 6.9.2. Cálculo de balance óptico

Una vez que ya se ha diseñado el plano de la red GPON, se procede a realizar el balance óptico, para esto se determina la conexión OLT – ONT más lejana, la conexión OLT – ONT más cercana así como el conteo de todos los elementos de red listados anteriormente que pueden generar pérdidas, como número de conectores, fusiones y la longitud de la fibra óptica. De esta manera se identifica que el usuario más lejano se encuentra en el armario D24 caja A2, teniendo un total de 9 conectores, 8 fusiones, un

armario de 9 *splitters* de 1:32 y una longitud del cable de fibra de 3290 metros. Para ambos casos, se ha decidido tomar en cuenta 300 metros extra a la distancia total, ya que según la normativa CNT E.P., esta es la máxima distancia a la que se puede encontrar un abonado, esto garantiza el óptimo funcionamiento de la red incluso en los peores casos. En la Tabla 10 se puede apreciar los cálculos de atenuación para el abonado más lejano.

Tabla 10. Cálculo de atenuación para la caja más lejana.

		A2		
Elementos de la Red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida de Elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores (uniones)		9	0,50	4,50
Fusiones		8	0,10	0,80
Uniones Mecánicas			0,20	0,00
<i>Splitters</i>	1x2		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00
	1x8		10,50	0,00
	1x16		14,00	0,00
	1x32	1	17,50	17,50
	1x64		21,00	0,00
	2x4		7,90	0,00
	2x8		11,50	0,00
	2x16		14,80	0,00
	2x32		18,50	0,00
	2x64		21,30	0,00
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	3,29	0,35	1,15
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>23,95</b>

Fuente: [El autor]

El usuario más cercano se encuentra en el armario D15 caja F4, asumiendo un total de 9 conectores, 8 fusiones, un armario de 9 *splitters* 1:32 y una longitud de fibra de 73 metros. En la tabla 11 se puede apreciar los cálculos para el abonado más cercano. Nótese que se reservan 3dB como guarda para una posible expansión, y en ninguno de los casos se ha sobrepasado el umbral de los 24dB de atenuación, esto indica que la red es totalmente escalable ya que se debe tener en cuenta que se asume el máximo número tanto de conectores como de fusiones, por lo que es muy probable que no aumente ninguna de estas fuentes de atenuación.

Tabla 11. Cálculo de atenuación para la caja más cercana.

		A1		
Elementos de la Red de Fibra Óptica		Cantidad	Pérdida de Elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores (uniones)		9	0,50	4,50
Fusiones		8	0,10	0,80
Uniones Mecánicas			0,20	0,00
Splitters	1x2		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00
	1x8		10,50	0,00
	1x16		14,00	0,00
	1x32	1	17,50	17,50
	1x64		21,00	0,00
	2x4		7,90	0,00
	2x8		11,50	0,00
	2x16		14,80	0,00
	2x32		18,50	0,00
	2x64		21,30	0,00
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	0,748	0,35	0,26
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
<b>TOTAL (dB)</b>				<b>23,06</b>

Fuente: [El autor]

Una vez que tenemos estos dos valores, y conociendo los umbrales máximos de potencia de la tabla 8, se aplica la ecuación (2.2). Para el abonado más lejano se tiene:

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 23.95 \text{ dB}$$

$$P_r = -18.95 \text{ dBm}$$

Mientras que para el abonado más cercano se obtiene:

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 23.06 \text{ dB}$$

$$P_r = -18.06 \text{ dBm}$$

Los resultados obtenidos tanto para el abonado más cercano como para el más lejano se encuentran dentro del rango de sensibilidad de los equipos que va desde -8 dBm hasta -27 dBm, cabe recalcar que también se está cumpliendo con los 3 dB de guarda que nos exige la normativa de la CNT E.P.

## 6.10. Costo total de la inversión

Este es determinado en base a cinco distintos rubros que están distribuidos de la siguiente manera: red *Feeder*, red de distribución, red de dispersión, construcción de obra civil (canalización) y el precio de la OLT. La obtención de cada uno de los costos se determinó en base a la plantilla de precios (volumen de obra) de la que dispone la CNT E.P., en esta se incluyen los precios tanto de material como de mano de obra necesaria. El costo de la red *Feeder* incluye rubros de suministro y mano de obra para: empalmes, tendido de cable de fibra óptica, colocación de herrajes tanto de suspensión como de retención, armarios ópticos, *splitter*, conectores, cajas de distribución óptica para abonados corporativos así como subidas a poste.

Para la red de distribución se consideran el tendido de la fibra óptica, herrajes de suspensión y retención, subidas a poste, cajas de distribución óptica (para abonados masivos/casas) y cruces americanos. Para la red de dispersión se tomó en cuenta el suministro y colocación de equipos ONTs y de rosetas ópticas, así como el tendido de cable de fibra óptica en última milla (cable que va desde la caja de distribución hasta el hogar del abonado). En la construcción de obra civil se incluye el costo de materiales y mano de obra en lo referente a pozos de mano, pozos de 48 y 80 bloques, manguera corrugada, tapones, así como rotura y reposición de calzada o acera.

Debido a que la CNT E.P. ya cuenta con la OLT existente para la conexión *Feeder*, solamente se debe adquirir un total de 11 tarjetas GPON. El costo total de inversión se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 12. Costo total de inversión.

Costo Total de Inversión	
Descripción	Costo (USD)
Red <i>Feeder</i>	42.172,80
Red Corporativos	8.401,60
Red Distribución	340.423,25
Canalización	342.254,24
Red de Dispersión	143.055,00
Instalación de Servicios	452.525,04
Tarjetas OLT	151.470,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.480.301,93</b>

Fuente: [Propia]



## 6.11. Planes comerciales CNT E.P.

### 6.11.1. Telefonía

En este caso, se incluye un costo base mensual más el consumo en minutos del abonado, aparte se cobra un rubro por instalación, en la Tabla 13 se muestran estos costos, que ya incluyen IVA.

Tabla 13. Costo plan de telefonía.

Servicio	Producto	Costo Incl. IVA (USD)	Costo Instalación (USD)
Telefonía	Telefonía residencial básico	6.94 + Consumo	68.00

Fuente: [El autor]

### 6.11.2. Internet fijo

Este servicio se brinda utilizando la tecnología xDSL, el precio de cada plan depende de la velocidad solicitada por el abonado, por este servicio también se incluye un rubro de instalación. Estos precios se muestran en la Tabla 14 y ya incluyen IVA.

Tabla 14. Costo planes de internet.

Servicio	Producto	Costo (Incl. IVA)	Costo Instalación
Internet	Internet 2Mbps	\$20.16	\$50.00
	Internet 3 Mbps	\$27.89	\$50.00
	Internet 4 Mbps	\$40.32	\$50.00

Fuente: [El autor]

### 6.11.3. Televisión satelital

El costo del servicio de televisión satelital brindado por la CNT E.P. tiene precios que varían de acuerdo al plan seleccionado, cabe recalcar que cada plan ofrece características distintas como mayor o menor número de canales, los que pueden ser en definición estándar o en alta definición. En la Tabla 15 se muestran los precios para los distintos planes disponibles, también se incluye el costo de instalación.

Tabla 15. Costo planes de televisión.

Servicio	Producto	Costo Incl. IVA (USD)	Costo Instalación (USD)
Televisión Satelital	Súper	19.32	20.00
	Súper + Total 1 o Total 2	29.62	20.00
	Súper + Total 1 + Total 2	39.93	20.00
	Súper + Total 1 o Total 2 + Plus HD	42.50	20.00
	Súper + Total 1 + Total 2 + Plus HD	52.81	20.00

Fuente: [El autor]

#### 6.11.4. Servicios doble y triple pack

Mediante la contratación de servicios individuales se puede armar paquetes de dos o tres servicios (teniendo en cuenta que la CNT E.P. actualmente no brinda servicio de Internet a personas que no tienen el servicio de telefonía), por la contratación de estos paquetes la empresa asigna un descuento al abonado, en el caso de un doble pack es 10 % y de 15 % para el caso de triple pack. En la Tabla 16 se puede apreciar los costos de servicios para doble y triple pack con costo de instalación.

Tabla 16. Costo planes doble y triple pack.

Paquetes ofrecidos		
Plan	Costo Incl. IVA (USD)	Costo de instalación (USD)
Doble pack (telefonía fija + televisión)	23.89	30
Doble pack (telefonía + internet)	24.39	40
Doble pack (internet + televisión)	35.78	20
Triple pack (telefonía + internet + televisión)	39.84	20

Fuente: [El autor]

## 6.12. Análisis de encuestas

Para poder estimar el total de ingresos que la red diseñada generará, se procede a realizar la tabulación de las encuestas, gracias al censo realizado se tiene la facilidad de poder contabilizar la cantidad total de abonados que poseen o contratarían un determinado servicio o conjunto de servicios.

La tabulación se realiza utilizando el formato proporcionado por la CNT E.P., el cual consta de las siguientes partes: tabulación, encuestas validas, empaquetado actual de servicios, demanda existente por servicio, empaquetado demanda proyectada, inversión inicial, total ingresos, total egresos y finalmente, en base a todos los valores calculados, se obtiene la relación costo – beneficio.

### 6.12.1. Cálculo de ingresos

En este análisis se calcula los ingresos por tarifa debidos a los usuarios existentes y potenciales en el sector, tomando en cuenta la cantidad de servicios individuales, doble pack o triple pack que el abonado posea o desee. En la Tabla 17 se puede observar los ingresos que representan los abonados existentes, mientras que en la Tabla 18 se puede apreciar los ingresos que supondrán los abonados potenciales.

Se debe indicar que, debido a que los costos de instalación son bajos, y que para la empresa representa una pérdida la instalación de nuevos servicios, estos no se han contabilizado como ingresos.

Tabla 17. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados existentes.

<b>Ingresos Por Concepto De Servicios Individuales, Doble y Triple Pack</b>			
<b>SERVICIOS CONTRATADOS</b>	<b>Abonados Existentes</b>	<b>Costo Incl. IVA (USD)</b>	<b>TOTAL</b>
Telefonía fija	697	6,94	4.837,18
Internet	0	20,16	0,00
Televisión	0	19,32	0,00
Telefonía + Internet	570	24,39	13.902,30
Telefonía + televisión	55	23,89	1.313,95
Internet + televisión	0	35,78	0,00
Triple play	188	39,84	7.489,92
		<b>Ingreso Mensual (USD)</b>	27.543,35
		<b>Ingreso Anual (USD)</b>	330.520,20

Fuente: [El autor]

Tabla 18. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados proyectados.

<b>Ingresos Por Concepto De Servicios Individuales, Doble y Triple Pack</b>			
<b>SERVICIO</b>	<b>Abonados potenciales</b>	<b>Costo Incl. IVA (USD)</b>	<b>TOTAL</b>
Telefonía fija	24	6,94	166,56
Internet	204	20,16	4.112,64
Televisión	217	19,32	4.192,44
Telefonía + Internet	110	24,39	2.682,90
Telefonía + televisión	6	23,89	143,34
Internet + televisión	142	35,78	5.080,76
Triple play	21	39,84	836,64
<b>Ingreso Mensual (USD)</b>			<b>17.215,28</b>
<b>Ingreso Anual (USD)</b>			<b>206.583,36</b>

Fuente: [El autor]

La cantidad total de ingresos por tarifa que la red generará está dada por la sumatoria de los ingresos de los abonados existentes y potenciales tanto para servicios individuales, doble y triple pack. En la Tabla 19 se puede observar los ingresos por tarifa debido a los abonados existentes y potenciales.

Tabla 19. Ingresos mensuales y anuales debidos a los abonados proyectados y existentes.

<b>Ingresos Por Concepto De Servicios Individuales, Doble y Triple Pack</b>			
<b>SERVICIO</b>	<b>Abonados Totales</b>	<b>Costo Incl. IVA (USD)</b>	<b>TOTAL</b>
Telefonía fija	721	6,94	5.003,74
Internet	204	20,16	4.112,64
Televisión	217	19,32	4.192,44
Telefonía + Internet	680	24,39	16.585,20
Telefonía + televisión	61	23,89	1.457,29
Internet + televisión	142	35,78	5.080,76
Triple play	209	39,84	8.326,56
<b>Ingreso Mensual (USD)</b>			<b>44.758,63</b>
<b>Ingreso Anual (USD)</b>			<b>537.103,56</b>

Fuente: [El autor]

### 6.13. Cálculo de egresos

El total de egresos se calcula a partir de los costos de operación de la red, se incluye la instalación de ONTs para el total de abonados existentes en el sector, así como los

distintos rubros por concepto de: fallas (ya sean de voz, Internet o televisión) que se presentan en un 4% y 2% de las instalaciones respectivamente, mantenimiento de líneas en un 4% de las instalaciones así como gastos administrativos de mercadeo, etc.

En la Tabla 20 se pueden observar los costos para cada una de las operaciones antes mencionadas, mientras que en la Tabla 21 se aprecian los egresos anuales.

Tabla 20. Costo por servicios de mantenimiento.

Egresos	Costo Por Línea (USD)
Costo de Instalación	2,40
Atención de Fallas Voz	9,23
Atención de Fallas Internet	6,00
Atención de Fallas Televisión	6,00
Mantenimiento de Líneas	1,35
Mercadeo	1,50
Otros Servicios	9,95

Fuente: [El autor]

Tabla 21. Egresos totales por mantenimiento.

ITEM	Descripción	Porcentaje	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	Número ONTs Instaladas	100 %	0	1786	54	56	57	59
2	Fallas Voz	4 %	0	72	74	76	79	81
3	Fallas Internet	2 %	0	36	37	38	40	41
4	Fallas Televisión	2 %	0	36	37	38	40	41
5	Mantenimiento Líneas	4 %	0	72	74	76	79	81
6	Gastos de Explotación (USD)	100 %	0,00	65772,00	16284,00	16740,00	17436,00	17892,00
7	Gastos Administración y Ventas (USD)	100 %	0,00	20450,00	619,00	642,00	653,00	676,00
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>0,00</b>	<b>86222,00</b>	<b>16903,00</b>	<b>17382,00</b>	<b>18089,00</b>	<b>18568,00</b>

Fuente: [El autor]

#### 6.14. Flujo de caja

El flujo de caja es calculado utilizando los valores de ingresos, egresos e inversión inicial en un total de 5 años, que es el tiempo máximo de recuperación de la inversión. Debido a que la CNT es una empresa pública, no genera utilidades, por lo que no está obligada a pagar utilidades (15% de los ingresos) a sus trabajadores, de esta manera eso no representa un egreso para la empresa. En la Tabla 22 se pueden observar los flujos de caja calculados, el periodo  $Q_0$  corresponde a la inversión inicial, las cantidades entre paréntesis representan flujo negativo.

Tabla 22. Flujo de caja del proyecto.

Periodo	Flujo de Caja (USD)	Valor Actual (USD)	Flujo de Caja Acumulado (USD)
$Q_0$	(1.480.301,93)	(1.480.301,93)	(1.480.301,93)
$Q_1$	739.025,56	702.362,25	(777.939,68)
$Q_2$	565.128,07	510.446,56	(267.493,12)
$Q_3$	581.245,57	498.958,89	231.465,77
$Q_4$	597.632,96	487.574,91	719.040,68
$Q_5$	614.761,19	476.666,86	1.195.707,54

Fuente: [El autor]

### 6.15. Relación costo – beneficio

Este apartado se refiere al análisis cuyo resultado determinará la viabilidad del proyecto, como se ha indicado anteriormente, depende de todos los valores obtenidos a partir de la tabulación de las encuestas, aunque también se ha tomado en cuenta los costos de operación (incluyendo egresos debido a fallas así como gastos administrativos) e implementación de la red, precios en los que ya se incluye la mano de obra. La viabilidad se evalúa basándose en dos indicadores comerciales bastante conocidos, estos son, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

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

Originado en la expresión inglesa *Net Present Value*, es un valor que permite calcular el valor presente de un cierto número de flujos de caja en un tiempo futuro, los cuales son originados por una inversión. Es calculado al descontar todos los *cash flows* del proyecto, a todos estos valores generados se les resta la inversión inicial, de tal manera que el resultado es el valor actual que tiene el proyecto, cabe mencionar que para que un proyecto sea rentable el VAN debe ser positivo. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto, significando un VAN nulo que la inversión realizada equivale a ingresar el dinero en un mercado con una tasa de interés equivalente al indicado (18). El VAN se define mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (3.1)$$

En donde:

$Q_n$ : Representa los *cash flows* o flujos de caja.

$I$ : Representa la inversión inicial.

$N$ : Es el número de periodos considerados.

$r$ : Es el tipo de interés.

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

La tasa interna de retorno es otro indicador utilizado para la evaluación de proyectos, se lo define como la tasa de interés a la que se recupera la inversión. Se lo representa como un porcentaje, mientras mayor sea este valor, más rentabilidad tendrá el proyecto. Por lo general suele ser comparado con la tasa de interés, si el TIR es mayor a dicha tasa, el proyecto es aceptado, caso contrario debería ser rechazado, ya que no presentara ganancias (19). El TIR es calculado utilizando la siguiente expresión:

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

En donde:

$F_n$ : Representa los *cash flows* o flujos de caja.

$I$ : Representa la inversión inicial.

$N$ : Es el número de periodos considerados.

$i$ : Es el tipo de interés.

Luego de calcular el flujo de caja, se procedió a calcular la tasa interna de retorno (TIR), utilizando para esto un interés pasivo referencial del 5,22 %, el valor de TIR obtenido es de 32 %, lo cual nos indica que el proyecto es rentable. Para poder establecer el tiempo de recuperación de la inversión es necesario encontrar una cantidad que multiplicada por 32 % me diera 100 % (equivalente al total de la inversión), este número resulto ser 3.125.

A continuación se procede a transformar esta cantidad en años, resultando en un tiempo de retorno de la inversión de 3 años y 6 semanas. En la Tabla 23 se pueden observar los indicadores financieros del proyecto.

Tabla 23. Indicadores financieros.

<b>Tasa de Interes</b>	5,22%
<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	\$ 1.195.707,54
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	32%

Fuente: [El autor]



## 7. DISCUSIÓN

El presente trabajo tuvo como propósito diseñar una red de distribución óptica (ODN) que posea una buena relación costo beneficio basándose en la distribución de la demanda tanto existente como proyectada que se obtuvo a partir del censo realizado en la zona del proyecto.

El censo fue una actividad clave al momento de evaluar el estado de penetración de los distintos servicios de telecomunicaciones, así como para definir la ubicación de cada uno de los abonados de la red, es en base a esta ubicación que se proyectan elementos de planta externa tales como puntos de acceso a la red (NAPs), a partir de los cuales se diseña la red de dispersión, algo que se debe enfatizar es la gran densidad de abonados que existe en la zona céntrica delimitada por la Avenida Manuel Agustín Aguirre y la calle Ramón Pinto, lo cual acarrea algunos problemas como por ejemplo la falta de postes para la colocación de una NAP.

Otro dato clave que se obtuvo a partir del censo fue la presencia de la CNT E.P. en el mercado, de acuerdo a los datos tabulados, la CNT E.P. es la empresa líder en lo que se refiere a telefonía e Internet, la empresa Netplus se podría considerar como el segundo proveedor de Internet más grande en la ciudad. Si bien otras compañías como TV Cable han empezado a ofertar paquetes Triple Play, estos aun no tienen un gran impacto en el mercado local. En lo referente al servicio de televisión, la compañía dominante es TV Cable, seguido por la CNT E.P. y por Direct Tv. Realizando un análisis basado en las respuestas de los abonados encuestados, se puede asegurar que la costumbre unido a una programación ligeramente más variada son las causas que relegan a la CNT E.P. al segundo lugar.

Se debe hacer énfasis en un tema bastante particular, la revisión de las encuestas realizadas demuestran que el usuario promedio conoce la fibra óptica, pero bien su conocimiento acerca de esta tecnología es básico o simplemente nulo, la adecuada educación de los usuarios podría desembocar en un aumento significativo de la demanda de servicios de telecomunicaciones.

El diseño se compone de 10 distritos GPON, distritos que no están basados en el número de usuarios sino en el de NAPs, cada armario soporta un número de 24 cajas (12 hilos por caja x 24 cajas = 288 hilos que salen del armario), para aumentar la escalabilidad de la red se decidió agrupar 21 NAPs por armario. De la misma manera, cada armario GPON tiene una reserva de tres *splitters* 1:32, lo cual representa 96 hilos más, o lo que sería lo mismo 8 NAPs.

Cabe indicar que la red de este proyecto se implementara de manera paralela a la red de cobre que existe en la actualidad, al contrario del proyecto realizado por estudiantes Enrique Alulima y César Paladines (“Diseño de una Red GPON para la localidad de Vilcabamba”, 2014) de la Universidad Técnica Particular de Loja, en el cual a falta de servicios en gran parte de la zona de cobertura, no habrá migración sino que se llegara al usuario por primera vez con la tecnología GPON.

En el análisis económico – financiero se puede apreciar que el servicio más solicitado por parte de los clientes fue el de Internet, especialmente por parte de usuarios de compañías como Netplus, los cuales claramente indicaron los deseos de contratar los servicios de otro ISP. Los ingresos que generan tanto los abonados existentes como los proyectados son de USD 537, 103. 56. En lo referente a los egresos se ha asumido un crecimiento de la demanda en el sector de 3%, lo cual genera un aumento anual en los egresos de la compañía, siendo el egreso del primer año de USD 86, 222.

## 8. CONCLUSIONES

El diseño y la implementación de esta red de distribución óptica (ODN), permitirá el anhelado cambio de tecnología que proveerá a los usuarios múltiples servicios de telecomunicaciones a través de un mismo medio (fibra óptica), todo esto con velocidades de hasta 2.4Gbps en descarga y 1.2Gbps en subida.

Concluido el censo realizado en la zona de cobertura del proyecto, se tuvo un total de 1686 encuestas (una por abonado), siendo todas validas debido a que se decidió no tomar en cuenta los lotes baldíos, esto obedece a su bajo número y a que ya se los identificó previamente.

De las bases de datos proporcionadas por la CNT E.P., se obtuvo un total de 1625 líneas telefónicas, las cuales pertenecen a un total de 1510 abonados existentes, de la misma manera, se tienen 173 usuarios potenciales, es decir personas que podrían convertirse en clientes de la empresa, de esta manera se tendría un total de 1683 personas que se beneficiarían de este proyecto.

Al momento de tabular las encuestas se obtuvo la siguiente distribución de servicios existentes: 1510 abonados con servicio de telefonía, 758 abonados con servicio de Internet y 243 abonados con servicio de televisión. En lo referente a demanda proyectada, se tienen: 161 abonados que desean telefonía, 477 abonados que desean Internet y 386 abonados que desean televisión.

El diseño realizado cumple con todas las normativas de la CNT E.P., ha pasado por varias etapas de revisión tanto en la ciudad de Loja como en Quito, en el Anexo 5 se presenta el certificado de aprobación en el que se indica el cumplimiento del proyecto con todos los parámetros de diseño de la CNT.

Para cubrir la demanda se han considerado dentro del diseño un total de 1683 ONTs, estas se agruparon en un máximo de 10 para formar una zona de dispersión, en el proyecto se obtuvo un total de 202 zonas de dispersión.

El diseño de la red de distribución considera las 202 cajas de distribución ópticas (equivalentes al número de zonas de dispersión), agrupadas en un máximo de 21 cajas por armario GPON.

La red *Feeder* se diseñó completamente canalizada, se utilizó un cable de 144 hilos de fibra para alimentar un total de 10 armarios utilizando 12 hilos por cada uno, esto permite el uso de los dos *buffers* restantes para la alimentación de radio bases y clientes corporativos que también se incluyen en esta red. La red corporativa está conformada por un total de 45 clientes, agrupados en 6 zonas de dispersión, para esto se utilizan tres *splitters* con una tasa de división óptica de 1:32.

La obra civil (canalización) se proyectó de 2 vías y 3 triductos, mientras que en los armarios se proyecta canalización de 4 vías y 1 triducto. El tendido de la red *Feeder* y los cables en general se realiza ocupando primero los triductos.

El costo total de la inversión es calculado utilizando la plantilla de precios de la CNT E.P., y se incluyen los rubros de red *Feeder*, red corporativa, red de distribución, canalización, red de dispersión, instalación de servicios y el costo de la OLT, dando un total de USD 1'480.301,93.

El análisis costo – beneficio se realiza en base a los flujos de caja en un periodo de 5 años (tiempo máximo de recuperación de la inversión), los indicadores financieros como el VAN (con un valor de USD 1'195.707,54) a una tasa de interés de 5,22% y una TIR de 32% indican una alta rentabilidad del proyecto. Se calculó un tiempo de retorno de la inversión de 3 años.

## 9. RECOMENDACIONES

Antes de comenzar con cualquier actividad de diseño se recomienda realizar un recorrido a pie por el área de cobertura del diseño, esto con la finalidad de poder establecer un código catastral único y de verificar la disponibilidad de postes y de pozos a ser utilizados en el diseño, durante este recorrido también se podría verificar la posible ubicación de cada uno de los armarios GPON, los cuales deben ser ubicados de preferencia en zonas esquineras y en aceras lo suficiente anchas como para que no se estorbe el paso peatonal.

Se recomienda leer con cautela todas las normativas de la CNT E.P., esto con el afán de evitar cualquier problema a posteriori, así como cambios imprevistos que alteren en gran parte el diseño.

Al momento de desplegar la red *Feeder* se recomienda elegir una ruta que en su trayectoria no fuera a poseer un exceso de empalmes, ya que estos son posibles puntos de falla, de la experiencia que se tuvo en este diseño se aconseja colocar la mayor cantidad de armarios posibles en línea recta.

Debido a que la red *Feeder* y varios cables de la red de distribución irán canalizados, se recomienda verificar la disponibilidad de ductos, así como el estado de los mismos, ya que en el volumen de obra se podrían incluir rubros por habilitación de ductos, búsqueda o limpieza de pozos.

En un futuro se podría incluir una simulación para evaluar el comportamiento de la red, de la misma manera se recomendaría realizar los diseños de la distribución interna del cable de fibra en edificios, conjuntos habitacionales o condominios. El diseño se centra en la capa física (del modelo OSI), por lo que sería interesante en un futuro extender el diseño a las capas superiores de dicho modelo.

En lo referente al proceso de implementación, se recomienda llevar un esquema apropiado para este proyecto, el despliegue de esta red debe obedecer un orden, el cual es: verificación del censo, construcción de obra civil, implementación de la red de distribución, continuando con la red *feeder* y finalizando con la red de dispersión.

## **10. TERMINOLOGÍA**

**ODN:** *Optical distribution network*

**FTTH:** *Fiber to the home*

**FTTB:** *Fiber to the building*

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

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

**IPTV:** *Internet Protocol Television*

**GSM:** *Global system for mobile*

**CDMA:** *Code division multiple access*

**3G:** *Third generation*

**4G:** *Fourth generation*

**xDSL:** *Digital subscriber line*

**IP/MPLS:** *Internet protocol / Multiprotocol label switching*

**ONT:** *Optical network terminal*

**OLT:** *Optical line termination*

**APON:** *ATM passive optical network*

**BPON:** *Broadband passive optical network*

**EPON:** *Ethernet passive optical network*

**FD – LD:** *Fabry Perot laser diode*

**DFB – LD:** *Distributed feedback laser diode*

**TDM:** *Time division multiplexing*

**TDMA:** *Time division multiple access*

**OAM:** *Operation, administration and management*

**NAP:** Network access point

**EERSSA:** *Empresa eléctrica regional del sur sociedad anónima*

**SIG:** *Sistema de información geográfica*

**VAN:** *Valor actual neto*

**TIR:** *Tasa interna de retorno*

**DWDM:** *Dense wavelength division multiplexing*

**CWDM:** *Coarse wavelength division multiplexing*

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. **Nacional, Universidad Tecnica.** *Tecnologia y arquitectura de las redes GPON.* Buenos Aires : s.n., 2012.
2. **Corning.** *Fiber-Optic Technology.* s.l. : Web Proforum Tutorials, 2012.
3. **Torlak, Murat.** *Fiber Optic Communications.* Dallas : University of Dallas, 2013.
4. **Potter, B.G.** *Attenuation in Optical Fibers.* Arizona : Center for Integrated Access Networks, 2013.
5. *Different Types of Dispersions in a Optical Fiber.* **N. Ravi Teja, et al.** 12, Andhra Pradesh : International Journal of Scientific and Research Publications , 2012, Vol. 2.
6. **Machines, International Business.** *Understanding Optical Commucations.* North Carolina : International Business Machines, 1998.
7. **Finochietto, Jorge.** *Passive Optical Network.* Buenos Aires : s.n., 2013.
8. **Huawei Technologies Co.** *GPON Fundamentals.* Shenzhen : Huawei technologies Co., 2012.
9. **CNCR-IT Co.** *OLT Optical Line Terminal.* Shenzhen : s.n., 2013.
10. **Martin, Thomas.** *Fiber To The Home.* San Jose, California : Cisco, 2010.
11. **Lee, Bernard.** *Passive Optical Splitter.* Sidney : Senko Advanced Components, 2015.
12. **R&M.** *Optical Distribution Frame.* Binzstrasse : R&M, 2014.
13. **CONEC.** *Fiber Optic Connectors.* Berlin : Werbung, 2015.
14. **Corporacion Nacional de Telecomunicaciones.** *Norma Tecnica de Diseno y Construcccion de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Optica.* Quito : CNT E.P., 2013.



15. **HidroCantabrico Distribucion Electrica.** HC Energia. *Herrajes y accesorios para el tendido aereo de cables de tierra y/o de fibras opticas.* [En línea] 2013. [Citado el: 18 de 10 de 2015.] <http://www.edphcenergia.es/recursosdep/doc/distribucion-luz/20130813/especificaciones-tecnicas/herrajes-y-accesorios-para-el-tendido-aereo-de-cables-de-tierra-yo-de-fibras-opt.pdf>.
16. **Corporacion Nacional de Telecomunicaciones.** *Normas Tecnicas de Construccion de Planta Externa.* Quito : CNT E.P., 2012.
17. **Mendieta, Marlon Ramon.** *Dinamica poblacional comparativa de la provincia de Loja.* Loja : UTPL, 2012.
18. **Blas, Prof. Beatriz de.** *Net Present Value.* Madrid : Universidad Autonoma de Madrid, 2006.
19. **Rentana, Leonel Fonseca.** Instituto Tecnologico de Costa Rica. *tecdigital.tec.ac.cr.* [En línea] Agosto de 2013. [Citado el: 06 de Noviembre de 2015.] [http://tecdigital.tec.ac.cr/file/3217056/IngEcon\\_Ses04a.pdf](http://tecdigital.tec.ac.cr/file/3217056/IngEcon_Ses04a.pdf).
20. **International Telecommunication Union.** *Optical fibres, cables and systems.* Genova : ITU, 2009.
21. **Centre, Applied Optoelectronics.** *Optical Communications Systems.* Berlin : Berlin Institute of Technology, 2012.
22. **Communications, MTEL.** MTEL Communications. [En línea] Web Parteners, 2015. [Citado el: 10 de 10 de 2015.] <http://www.mtel.cz/eng/analysis.php>.
23. **Illescas, Edward.** Repositorio Digital Universidad Tecnologica Israel. *Estudio y diseno de una red GPON que provea los servicios de voz, video y datos para el sector de La Carolina en el distrito metropolitano de Quito, para la CNT.* [En línea] 2012. [Citado el: 20 de 07 de 2015.] <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/811/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.2%2042-%20197.pdf>.

24. **American Teledata.** American Teledata. *ADSS Cable*. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de 10 de 2015.] <http://www.americanteledata.com/adsslighloadfibercabledoublejacket.htm>.
25. **Municipio de Loja.** *Especificaciones para elementos pasivos de la red de fibra optica municipal*. Loja : Municipio de Loja, 2014.
26. **III, Nicholas John Lippis.** *GPON vs Gibabit Ethernet in Campus Networking*. Boston : Lippis Consultant, 2012.
27. **Huawei.** Huawei Enterprice. *e.huawei.com*. [En línea] Huawei, 2015. [Citado el: 15 de 10 de 2015.] <http://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>.
28. —. Huawei. [En línea] Huawei Technologies, 2015. [Citado el: 15 de 10 de 2015.] <http://m.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/ont/hg8245/index.htm>.
29. **Corporacion Nacional de Telecomunicaciones.** *Norma Tecnica de Construccion de Canalizacion Telefonica*. Quito : CNT E.P., 2012.
30. **Enrique Alulima, Cesar Paladines.** Dspace UTPL. *Repositorio digital UTPL*. [En línea] 2014. [Citado el: 15 de 10 de 2015.] [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).

## **12. ANEXOS**

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

<p><b>1. Tipo de abonado o usuario</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Residencial</li> <li>- Comercial</li> <li>- Residencial y Comercial</li> <li>- Construcción</li> <li>- Lote</li> <li>- Garaje</li> <li>- Taller</li> <li>- Institución pública o privada</li> </ul>	
<p><b>2. En caso de ser residencial, ¿Cuántas personas habitan en su domicilio?</b></p>	
<p>≤ 18</p>	<p>&gt; 18</p>
<p><b>3. ¿Qué tipo de servicios tiene contratados actualmente?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija</li> <li>- Internet</li> <li>- Televisión Satelital</li> </ul>	
<p><b>4. ¿Cuál es su proveedor?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija: _____</li> <li>- Internet: _____</li> <li>- Televisión Satelital: _____</li> </ul>	
<p><b>5. ¿Cuál es el costo de los servicios que actualmente tiene contratados?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija: _____</li> <li>- Internet: _____</li> <li>- Televisión Satelital: _____</li> </ul>	
<p><b>6. Si posee un servicio de CNT, favor especificar los siguientes datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Numero: _____</li> <li>- Nombre del abonado: _____</li> </ul>	
<p><b>7. ¿Qué servicios estaría dispuesto a contratar?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija</li> <li>- Internet</li> <li>- Televisión Digital</li> <li>- Telefonía Fija y Internet</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija y TV Digital</li> <li>- Internet y TV Digital</li> <li>- Telefonía Fija, Internet y TV Digital</li> <li>- Ninguno</li> </ul>	
<p><b>8. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por cada uno de los servicios?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija: _____</li> <li>- Internet: _____</li> <li>- Televisión Satelital: _____</li> </ul>	
<p><b>9. Si es un abonado comercial, ¿Qué servicios le beneficiarían a su negocio?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonía Fija</li> <li>- Internet</li> <li>- Televisión Digital</li> <li>- Telefonía Fija y Internet</li> <li>- Telefonía Fija y TV Digital</li> <li>- Internet y TV Digital</li> <li>- Telefonía Fija, Internet y TV Digital</li> <li>- Ninguno</li> </ul>	
<p><b>10. ¿Le gustaría obtener los tres servicios por un solo precio?</b></p>	
SI	NO
<p><b>11. ¿Qué valor único estaría dispuesto a pagar por los tres servicios?</b></p>	
<p><b>12. ¿Ha escuchado de la fibra óptica y sus beneficios?</b></p>	
<p><b>13. ¿Cuánto tiempo está dispuesto a esperar para poder disfrutar de los beneficios de la fibra óptica?</b></p>	

## **ANEXO 2: PLANOS DE LA RED FEEDER**

### **ANEXO 3: PLANOS DE LA CANALIZACIÓN**

**ANEXO 4: ESQUEMA DE EMPALMES DE LAS REDES FEEDER Y  
DISTRIBUCIÓN**



**ANEXO 5: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT E.P.**



Loja, 13 noviembre, 2015  
APLCNT-HSA-01908-2015

Ingeniero  
Juan Gabriel Ochoa  
**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
Ciudad

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

De mi consideración:

Considerando que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se encuentra desarrollando el tendido de Redes de Comunicaciones hasta el domicilio del Cliente arquitectura FTTH con tecnología de Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gbits GPON y atendiendo a la solicitud del 10 de febrero del 2015 de la Universidad Nacional de Loja para realizar el Trabajo de Fin de Titulación denominado "DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN) MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE LOJA QUE CUMPLA CON LA NORMATIVA DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P.", me permito comunicar que se desarrollaron los siguientes ítem:

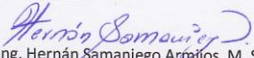
- Levantamiento de Demanda Comercial – Encuestas – Base de Datos;
- Descripción de Diseño de Redes GPON a partir de la determinación de Demanda Comercial;
- Normativas de Dibujo en formato AUTOCAD;
- Determinación de Mano de Obra y Materiales;
- Presupuesto Referencial;
- Análisis Costo Beneficio;

Adicional, como parte del trabajo se socializó lo descrito el día 10 de octubre 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 DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN) MULTISERVICIO CON TECNOLOGÍA GPON EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE LOJA QUE CUMPLA CON LA NORMATIVA DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P.", realizado por el señor **Felipe Andrés Rodríguez Yaguache (C.I. 1105136129)** ha sido realizado cumpliendo los parámetros de Diseño de CNT EP.

Con sentimientos de consideración, quedo de Usted.

Atentamente

  
Ing. Hernán Samaniego Aránguez, M. Sc.  
**ADMINISTRADOR DE LA AGENCIA PROVINCIAL LOJA**  
**CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP.**



HSA/sbs.



[www.cnt.gob.ec](http://www.cnt.gob.ec)

Av. Amazonas N36-49 y Corea, Edificio Vivaldi

**TELEFONÍA**

**INTERNET Y DATOS**

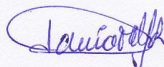
**MÓVIL**

**TV**

**ANEXO 6: CERTIFICADO DE LA TRADUCCIÓN DEL RESUMEN DEL  
PROYECTO AL IDIOMA INGLÉS**

Loja, diciembre de 2015

A través de este documento se certifica que la sección 2.1 de este documento, titulada “Abstract”, se corresponde fiel y exactamente con su original en español, y por lo tanto no se ha modificado o alterado de cualquier manera su significado.



Lcda. Tania Vélez  
Profesional del Idioma Ingles