



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Diseño de redes ODN para GPON en el sector Las Pitas de la ciudad de Loja**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Vargas López, Andrés Sebastián

**DIRECTOR:** Martínez Curipoma, Javier Francisco, Mgs.

LOJA – ECUADOR

2019

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Javier Francisco Martínez Curipoma

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Diseño de redes ODN para GPON en el sector Las Pitas de la ciudad de Loja** realizado por **Andrés Sebastián Vargas López**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, agosto de 2019

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Andrés Sebastián Vargas López** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **Diseño de redes ODN para GPON en el sector Las Pitas de la ciudad de Loja**, de la Titulación de **Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**, siendo **Javier Francisco Martínez Curipoma** director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

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

f. ....

Autor: Andrés Sebastián Vargas López

Cédula: 1150297461

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi familia de la que me siento orgulloso y doy gracias por los valores que desde pequeño me han enseñado, por la paciencia que han tenido y el amor que siempre me han demostrado, por siempre apoyarme en las metas que me he propuesto alcanzar, han sido la base de mi formación por todas las grandes cosas que han aportado a mi vida.

A mis padres Patricio y Alexandra, mis hermanas Gabriela y María Alejandra, por creer en mis capacidades, ser siempre el pilar fundamental en el transcurso de mi formación y ser mi fuente de inspiración y motivación para superarme cada día.

A todos mis amigos quienes sin esperar nada siempre han estado ahí brindándome su consejo cuando lo he necesitado y compartiendo conmigo sus alegrías y tristezas, además, a todas las personas que han estado ahí durante estos años de carrera universitaria dándome su apoyo para convertirme en un profesional.

A todos mis maestros, personas de gran sabiduría que se han dado la labor de transmitirme sus conocimientos e impulsarme y encaminarme para llegar al punto en que me encuentro.

A la Universidad Técnica Particular de Loja como institución que ha sabido inspirarme e impulsarme en la superación, a quienes les debo respeto.

*Andrés Sebastián*

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mis padres Patricio y Alexandra, el esfuerzo y las metas que he alcanzado son reflejo de la dedicación y amor que han invertido en mí. Gracias a ellos soy quien soy y han sido mi mayor inspiración para concluir esta meta que he perseguido a lo largo de estos años de carrera universitaria.

A mi tía Luzmila, por todo el apoyo incondicional y cariño que me ha brindado durante toda mi vida, por estar siempre a mi lado pendiente de mi bienestar, gracias a ella por su bondad, paciencia y comprensión.

A mis abuelas Carmen y Rosa que la vida aún me permite disfrutar a su lado, les agradezco todos los consejos que me han dado para convertirme en una mejor persona, todo el amor que me demuestran cada día y por todo lo que me han enseñado.

Le agradezco a todos mis amigos con quien compartí dentro y fuera de las aulas y también a mis futuros colegas que de manera desinteresada me brindaron su ayuda para poder concluir mi trabajo de titulación.

Le agradezco a la Universidad Técnica Particular de Loja, a todos los docentes de la titulación de Electrónica y Telecomunicaciones quienes con la enseñanza de sus conocimientos me ayudaron a crecer día a día como un profesional, gracias por su paciencia, dedicación y apoyo durante toda la carrera. Asimismo, agradezco a mi director de tesis Ing. Javier Martínez, que gracias a su conocimiento y orientación, hoy puedo culminar este trabajo.

Le agradezco a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones por abrirme las puertas, especialmente al Ing. Fabián Castillo y al Ing. Juan Carlos Peña, gracias a sus conocimientos y guía pude concluir de manera exitosa este trabajo de titulación.

*Andrés Sebastián*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	5
1.1.    Conceptos generales .....	6
1.1.1.    Fibra óptica. ....	6
1.1.2.    Estructura de fibra óptica. ....	6
1.1.2.1.    Núcleo. ....	6
1.1.2.2.    Revestimiento. ....	6
1.1.2.3.    Cubierta protectora. ....	7
1.1.3.    Tipos de fibra óptica según el modo de propagación. ....	7
1.1.3.1.    Fibra óptica monomodo. ....	7
1.1.3.2.    Fibra óptica multimodo de índice gradual. ....	7
1.1.3.3.    Fibra óptica multimodo de índice escalonado. ....	8
1.1.4.    Factores que afectan al medio de transmisión de fibra óptica .....	8
1.1.4.1.    Pérdidas por absorción. ....	8
1.1.4.2.    Pérdidas por curvaturas. ....	9
1.1.4.3.    Pérdidas por scattering de Rayleigh. ....	9
1.1.4.4.    Dispersión modal. ....	10
1.1.4.5.    Dispersión cromática de material. ....	10
1.1.4.6.    Dispersión por modo de polarización. ....	10
1.2.    Sistemas de comunicaciones ópticas .....	11
1.2.1.    Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas. ....	11
1.2.1.1.    Transmisores ópticos. ....	11

1.2.1.1.1.	<i>Diodo LED</i> .....	11
1.2.1.1.2.	<i>Diodo LASER</i> .....	12
<b>1.2.1.2.</b>	<b>Receptores ópticos</b> .....	13
1.2.1.2.1.	<i>Fotodiodo PIN</i> .....	13
1.2.1.2.2.	<i>Fotodiodo APD</i> .....	13
<b>1.3.</b>	<b>Redes de acceso FTTx</b> .....	14
<b>1.3.1.</b>	<b>Fibra Hasta el Nodo (FTTN)</b> .....	14
<b>1.3.2.</b>	<b>Fibra Hasta el Armario (FTTC)</b> .....	15
<b>1.3.3.</b>	<b>Fibra Hasta el Edificio (FTTB)</b> .....	16
<b>1.3.4.</b>	<b>Fibra Hasta el Hogar (FTTH)</b> .....	16
<b>1.4.</b>	<b>Redes xPON</b> .....	17
<b>1.4.1.</b>	<b>APON (ATM PON)</b> .....	17
<b>1.4.2.</b>	<b>BPON (Broadband PON)</b> .....	18
<b>1.4.3.</b>	<b>EPON (Ethernet PON)</b> .....	18
<b>1.4.4.</b>	<b>GEPON (Gigabit Ethernet PON)</b> .....	18
<b>1.4.5.</b>	<b>NG-PON (Next Generation PON)</b> .....	19
1.4.5.1.	<b>XG-PON</b> .....	19
1.4.5.2.	<b>WDM-PON</b> .....	19
<b>1.4.6.</b>	<b>GPON (Gigabit-capable PON)</b> .....	20
1.4.6.1.	<b>Características de GPON</b> .....	20
1.4.6.2.	<b>Arquitectura GPON</b> .....	21
<b>1.4.6.3.</b>	<b>Recomendaciones ITU-T G.984.x</b> .....	22
1.4.6.3.1.	<i>G.984.2 Capa Física de GPON</i> .....	22
1.4.6.3.2.	<i>G.984.3 Transmisión</i> .....	22
1.4.6.3.3.	<i>G.984.4 ONT Management Control Interface (OMCI)</i> .....	23
1.4.6.3.4.	<i>G.984.5 Ampliación de bandas WDM</i> .....	23
1.4.6.3.5.	<i>G.984.6 y G.984.7 GPON de mayor distancia</i> .....	23
<b>1.5.</b>	<b>Elementos en planta externa de una ODN</b> .....	24
<b>1.5.1.</b>	<b>ODF (Optical Distribution Frame)</b> .....	24
<b>1.5.2.</b>	<b>Splitter óptico</b> .....	24
<b>1.5.3.</b>	<b>FDH (Fiber Distribution Hub)</b> .....	25
<b>1.5.4.</b>	<b>NAP (Network Access Point)</b> .....	26
<b>1.5.5.</b>	<b>Patchcord</b> .....	27
<b>1.5.6.</b>	<b>Manga de fusión porta splitter</b> .....	27
<b>1.5.7.</b>	<b>Cables de fibra óptica</b> .....	28

1.5.7.1.	Cable aéreo .....	28
1.5.7.2.	Cable canalizado .....	29
1.5.8.	Preformado para cable de fibra óptica ADSS.....	29
1.5.9.	Thimble clevis o guardacabos para cable.....	30
1.5.10.	Identificador acrílico.....	31
1.5.11.	Herrajes.....	31
1.5.11.1.	Herraje terminal tipo A.....	31
1.5.11.2.	Herraje de suspensión tipo B.....	32
1.5.11.3.	Herraje de cruce americano.....	33
1.5.11.4.	Herraje brazo farol.....	33
1.5.11.5.	Herraje de pozo porta-reservas.....	34
1.5.12.	Manguera corrugada 3/4".....	35
1.5.13.	Tapón simple 1 1/4 pulgada.....	35
1.5.14.	Tapón ciego 1 1/4 pulgada.....	36
<b>CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES.....</b>		<b>37</b>
2.1.	Metodología .....	38
2.2.	Encuesta aplicada al sector .....	41
2.3.	Demanda de los servicios de telecomunicaciones del sector.....	42
2.3.1.	Definición del área de cobertura.....	42
2.3.2.	Estudio de la demanda.....	43
2.3.2.1.	Demanda actual.....	43
2.3.2.2.	Demanda proyectada.....	45
2.3.3.	Crecimiento de la población.....	46
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA GPON.....</b>		<b>48</b>
3.1.	Normativa técnica de diseño de ODN de CNT.....	49
3.1.1.	Generalidades de la ODN.....	49
3.1.2.	Modelos Masivo/Casas.....	49
3.1.3.	Procedimiento de diseño georreferenciado para redes FTTH.....	49
3.2.	Normativa técnica de dibujo de CNT.....	50
3.2.1.	Instrucciones para la elaboración del dibujo de planta externa.....	50
3.2.1.1.	Levantamiento de información georreferenciada.....	50
3.2.1.2.	Capas bases.....	51
3.2.1.3.	Capas de infraestructura de red.....	51
3.3.	Consideraciones generales.....	51
3.4.	Infraestructura existente .....	51



3.5.	Diseño de ODN.....	52
3.5.1.	Diseño de la red de dispersión.....	52
3.5.2.	Diseño de la red de distribución.....	53
3.5.3.	Diseño de la red feeder.....	56
3.5.4.	Diseño de la canalización.....	58
3.5.5.	Esquemáticos de empalmes.....	59
3.6.	Cálculo de atenuación.....	59
3.6.1.	Factores que aumentan la atenuación.....	60
3.6.2.	Balance óptico de la red.....	60
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO.....</b>		<b>63</b>
4.1.	Inversión total del proyecto.....	64
4.2.	Costos de planes de servicios prestados por la CNT.....	64
4.2.1.	Servicios individuales.....	65
4.2.1.1.	Costo de servicio de telefonía fija en cobre y fibra óptica.....	65
4.2.1.2.	Costo de servicio de internet fijo en cobre y fibra óptica.....	66
4.2.1.3.	Costo de servicio de televisión satelital.....	67
4.2.2.	Costo de servicios por paquetes.....	67
4.3.	Determinación de ingresos para la empresa.....	68
4.4.	Determinación de egresos para la empresa.....	71
4.5.	Determinación del VAN y TIR.....	75
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>85</b>
<b>ANEXO I: MODELO DE ENCUESTA APLICADA AL SECTOR.....</b>		<b>86</b>
<b>ANEXO II: PLANOS DE LA RED DE DISPERSIÓN.....</b>		<b>88</b>
<b>ANEXO III: PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....</b>		<b>95</b>
<b>ANEXO IV: PLANOS DE LA RED FEEDER.....</b>		<b>102</b>
<b>ANEXO V: PLANOS DE LA CANALIZACIÓN.....</b>		<b>106</b>
<b>ANEXO VI: ESQUEMÁTICOS DE EMPALMES.....</b>		<b>110</b>
<b>ANEXO VII: FICHA TÉCNICA DE VOLUMEN DE OBRA.....</b>		<b>118</b>
<b>ANEXO VIII: CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD.....</b>		<b>120</b>
<b>ANEXO IX: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT EP LOJA.....</b>		<b>126</b>
<b>ANEXO X: CAPAS UTILIZADAS PARA EL DISEÑO DE AUTOCAD.....</b>		<b>128</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Capas de una fibra óptica.....	6
<b>Figura 2</b> Fibra óptica monomodo.....	7
<b>Figura 3</b> Fibra óptica multimodo de índice gradual.....	8
<b>Figura 4</b> Fibra óptica multimodo de índice escalonado .....	8
<b>Figura 5</b> Microcurvaturas en una fibra óptica .....	9
<b>Figura 6</b> Microcurvaturas de una fibra óptica .....	9
<b>Figura 7</b> Varios modos de propagación en una fibra óptica multimodo .....	10
<b>Figura 8</b> Encapsulado de un diodo LED.....	12
<b>Figura 9</b> Ancho de banda espectral del diodo LED y diodo LASER.....	12
<b>Figura 10</b> Estructura del diodo PIN.....	13
<b>Figura 11</b> Estructura del diodo APD .....	14
<b>Figura 12</b> Arquitectura FFTN .....	15
<b>Figura 13</b> Arquitectura FTTC .....	15
<b>Figura 14</b> Arquitectura FTTB.....	16
<b>Figura 15</b> Arquitectura FTTH .....	17
<b>Figura 16</b> Funcionamiento de la tecnología GPON.....	21
<b>Figura 17</b> Arquitectura GPON.....	22
<b>Figura 18</b> ODF.....	24
<b>Figura 19</b> Splitter óptico 1:8.....	24
<b>Figura 20</b> Arquitectura FTTH con dos niveles de splitter.....	25
<b>Figura 21</b> Armario de distribución óptica.....	26
<b>Figura 22</b> NAP de 8 puertos.....	27
<b>Figura 23</b> Patchcord de fibra óptica dúplex .....	27
<b>Figura 24</b> Manga de fusión tipo domo .....	28
<b>Figura 25</b> Cable de fibra óptica aéreo ADSS .....	29
<b>Figura 26</b> Cable canalizado de fibra óptica.....	29
<b>Figura 27</b> Preformado helicoidal.....	30
<b>Figura 28</b> Ejes de un Guardacabos .....	31
<b>Figura 29</b> Identificado acrílico de la CNT .....	31
<b>Figura 30</b> Dimensiones de herraje terminal tipo A de dos extensiones .....	32
<b>Figura 31</b> Herraje de suspensión tipo B.....	33
<b>Figura 32</b> Herraje para cruce americano de 2 extensiones .....	33
<b>Figura 33</b> Herraje brazo farol .....	34
<b>Figura 34</b> Herraje porta-reserva de pozo.....	34

<b>Figura 35</b> Manguera corrugada 3/4 de pulgada.....	35
<b>Figura 36</b> Tapón simple.....	35
<b>Figura 37</b> Tapón ciego.....	36
<b>Figura 38</b> Zona de cobertura de la ODN.....	42
<b>Figura 39</b> Demanda proyectada.....	46
<b>Figura 40</b> Modelo masivo/casas para más de 96 clientes.....	49
<b>Figura 41</b> Canalización existente en el sector.....	51
<b>Figura 42</b> Postes del sector.....	52
<b>Figura 43</b> Ejemplo de diseño de la red de dispersión.....	53
<b>Figura 44</b> Nomenclatura de cables de distribución.....	55
<b>Figura 45</b> Ejemplo de diseño de la red de distribución.....	56
<b>Figura 46</b> Nomenclatura de cables de feeder.....	57

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Comparación de las tecnologías de acceso xPON .....	20
<b>Tabla 2</b> Metodología para el cumplimiento del primer objetivo.....	38
<b>Tabla 3</b> Metodología para el cumplimiento del segundo objetivo.....	39
<b>Tabla 4</b> Metodología para el cumplimiento del tercer objetivo.....	40
<b>Tabla 5</b> Importancia de preguntas de la encuesta.....	41
<b>Tabla 6</b> Resultados de las encuestas aplicadas .....	43
<b>Tabla 7</b> Total de usuarios por cada servicio .....	44
<b>Tabla 8</b> Servicio existente de telefonía fija.....	44
<b>Tabla 9</b> Servicio existente de internet.....	44
<b>Tabla 10</b> Servicio existente de televisión pagada .....	45
<b>Tabla 11</b> Servicios existentes en paquetes.....	45
<b>Tabla 12</b> Demanda Proyectada .....	45
<b>Tabla 13</b> Áreas de dispersión que conforman cada distrito.....	54
<b>Tabla 14</b> Cantidad de splitters en cada distrito.....	56
<b>Tabla 15</b> Umbrales de potencia para ONT Y OLT.....	61
<b>Tabla 16</b> Atenuación de los factores que provocan pérdidas en la red.....	61
<b>Tabla 17</b> Atenuación total para el usuario más lejano.....	61
<b>Tabla 18</b> Atenuación total para el usuario más cercano .....	62
<b>Tabla 19</b> Costo total del proyecto.....	64
<b>Tabla 20</b> Pensión básica mensual de telefonía fija en cobre y fibra óptica.....	65
<b>Tabla 21</b> Tarifas de servicios que no se incluyen en el plan básico de telefonía fija .....	65
<b>Tabla 22</b> Tarifas del plan Internet Fijo Cobre.....	66
<b>Tabla 23</b> Tarifas del plan Fibra Óptica para hogares .....	66
<b>Tabla 24</b> Tarifas de paquetes de televisión satelital.....	67
<b>Tabla 25</b> Tarifas de CNT PACK.....	67
<b>Tabla 26</b> Total de ingresos por abonados existentes.....	68
<b>Tabla 27</b> Total de ingresos por abonados proyectados .....	69
<b>Tabla 28</b> Total de ingresos por abonados existentes y proyectados .....	69
<b>Tabla 29</b> Presupuesto de ventas.....	70
<b>Tabla 30</b> Inversión inicial requerida para el proyecto .....	71
<b>Tabla 31</b> Costos por instalación de servicios.....	71
<b>Tabla 32</b> Gastos de ventas.....	72
<b>Tabla 33</b> Gastos administrativos.....	72
<b>Tabla 34</b> Balance de pérdidas y ganancias del proyecto.....	73
<b>Tabla 35</b> Flujo de caja del proyecto.....	74
<b>Tabla 36</b> VAN para el proyecto.....	75
<b>Tabla 37</b> TIR para el proyecto.....	76

## TERMINOLOGÍA

<b>ADSL:</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>ADSS:</b>	All-Dielectric Self-Supporting
<b>APON:</b>	ATM Passive Optical Network
<b>ASTM:</b>	American Society for Testing and Materials
<b>ATM:</b>	Asynchronous Transfer Mode
<b>BPON:</b>	Broadband Passive Optical Network
<b>CAPEX:</b>	Capital Expenditures
<b>CDMA:</b>	Code Division Multiple Access
<b>CNT:</b>	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
<b>DSL:</b>	Digital Subscriber Line
<b>EPON:</b>	Ethernet Passive Optical Network
<b>FDH:</b>	Fiber Distribution Hub
<b>FDB:</b>	Fiber Distribution Box
<b>FO:</b>	Fibra óptica
<b>FTTB:</b>	Fiber To The Build
<b>FTTC:</b>	Fiber To The Curb
<b>FTTH:</b>	Fiber To The Home
<b>FTTN:</b>	Fiber To The Node
<b>GEM:</b>	GPON Encapsulation Method
<b>GPON:</b>	Gigabit-Capable Passive Optical Network
<b>GPS:</b>	Global Positioning System
<b>IEEE:</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IEC:</b>	International Electrotechnical Commission
<b>INEN:</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización

<b>IP:</b>	Ingress Protection
<b>ISO:</b>	International Organization For Standardization
<b>ITU:</b>	International Telecommunications Union
<b>NAP:</b>	Network Access Point
<b>NEMA:</b>	National Electrical Manufacturers Association
<b>NGN:</b>	Next Generation Network
<b>ODF:</b>	Optical Distribution Frame
<b>OFDM:</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>ODN:</b>	Optical Distribution Network
<b>OLT:</b>	Optical Line Termination
<b>ONT:</b>	Optical Network Terminal
<b>ONU:</b>	Optical Network Unit
<b>OTDR:</b>	Optical Time Domain Reflect Meter
<b>PON:</b>	Passive Optical Network
<b>TDM:</b>	Time Division Multiplexing
<b>TIR:</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>Triple pack:</b>	Voz, internet, televisión
<b>VAN:</b>	Valor Actual Neto
<b>VDSL2:</b>	Very High-Speed Digital Subscriber Line 2
<b>WDM:</b>	Wavelength Division Multiplexing

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de titulación es el de realizar el diseño de una red ODN con tecnología GPON para el sector de Las Pitas al norte de la ciudad de Loja, para compensar el aumento de la demanda actual de servicios de telecomunicaciones (internet, telefonía fija y televisión) que se produce por la gran cantidad de servicios que se ofertan hoy en día a los usuarios.

El diseño se ha realizado en base a la normativa técnica de diseño y dibujo vigentes en la CNT EP, tanto para el levantamiento de la demanda actual y a futuro, como su diseño mediante software (AutoCAD) y para validar el diseño mediante un análisis económico-financiero teniendo en cuenta los precios referenciales de construcción y de ingresos por venta de servicios.

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

## **ABSTRACT**

The main objective of this work is to realize a design of ODN network with GPON technology for the sector Las pitas in the north of the Loja city, in order to meet the increasing demand for telecommunications services (internet, fixed telephony and television) that is being produced by the large number of services being offered to users today.

The design has been made based on the technical norms of design and drawing of CNT EP, both for the raising of the current and future demand, as its design by means of software (AutoCAD) and to validate the design by means of an economic-financial analysis taking into account the reference prices of construction and revenue from the sale of services.

**KEY WORDS:** Fiber optic, ODN, CNT EP, GPON



## INTRODUCCIÓN

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP., una empresa pública que se encarga de proveer servicios de telecomunicaciones a los usuarios en todo el territorio nacional, tiene una red de fibra óptica desplegada en todo el país a través de la cuál brinda servicios como: telefonía fija, telefonía móvil, internet y televisión satelital.

La demanda de servicios multimedia es cada vez más grande, este aumento se da de manera exponencial, además, la industria de las telecomunicaciones es un sector en constante crecimiento y que requiere mayores cantidades de recursos (Asqui, 2017). Para el sector norte de la ciudad de Loja, en el barrio Las Pitas, los servicios de telecomunicaciones se siguen brindando, utilizando redes de acceso de cobre. En la actualidad estas redes se están volviendo obsoletas debido a la creciente demanda de usuarios y servicios que requieren un mayor ancho de banda.

En la ciudad de Loja solo en el casco central se encuentra desplegada una red de acceso en base a fibra óptica para dar a los usuarios el servicio de internet y telefonía fija (GAD LOJA, 2017). El servicio de televisión que es brindado por CNT es a través de satélite, esto significa que se requiere diferente infraestructura para brindar cada servicio. La telefonía fija se brinda a través de una red de cobre en los lugares donde no llega la red de fibra óptica

La rápida evolución de las tecnologías y la universalización de sus usos ha motivado a los operadores de redes de acceso a implementar una infraestructura que cumpla con las exigencias de estas tecnologías (Fombona, Pascual, & Ferreira, 2012). Las redes PON (Passive Optical Network) se han desarrollado lo suficiente como para que los operadores decidan usarlas, ya que la gestión es sencilla, brinda mayores velocidades y además un servicio de mayor calidad y a un precio accesible para el usuario.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones carece de un diseño de red con tecnología GPON en el sector de Las Pitas, por lo que no se ha podido mejorar la calidad en la comunicación de los habitantes del sector. Este proyecto es un modelo referencial para una posible implementación de una red con esta tecnología en el sector.

La metodología se ha aplicado de tal forma que se cumplan los objetivos específicos planteados para el trabajo. El diseño se ha realizado en base a la normativa técnica de diseño y normativa de dibujo georreferenciado vigentes en la CNT EP, tanto para el levantamiento de la demanda actual y a futuro mediante una encuesta previamente aprobada por la CNT EP., como su diseño mediante software (AutoCAD) y para validar el

diseño mediante un análisis económico-financiero teniendo en cuenta los precios referenciales de construcción y de ingresos por venta de servicios.

En el capítulo 1 se establecen las bases teóricas de la fibra óptica que sirven como punto de partida para realizar el diseño. En el capítulo 2 se describen los materiales y la metodología usados para el proyecto. En el capítulo 3 se describe el diseño de la red. En el capítulo 4 se detalla el estudio de viabilidad tomando en cuenta los ingresos y egresos actuales y a futuro.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo general:

- Diseñar una red ODN con tecnología GPON en la ciudad de Loja, sector Las Pitas.

Y como objetivos específicos:

- Realizar el levantamiento actual de servicios de telecomunicación en el sector de estudio.
- Diseñar una red ODN con tecnología GPON para el sector Las Pitas de la ciudad de Loja, de acuerdo con la normativa de CNT EP.
- Evaluar la viabilidad del diseño mediante un análisis financiero.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

## 1.1. Conceptos generales

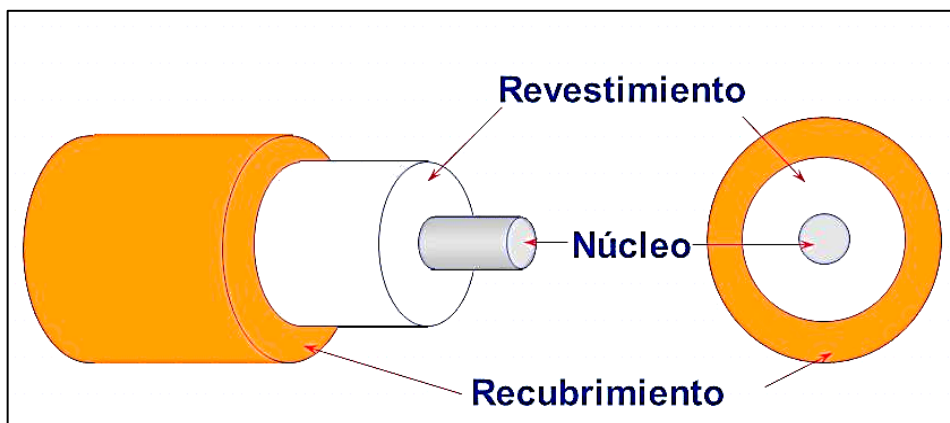
### 1.1.1. Fibra óptica.

La fibra óptica es el medio preferido para la transmisión guiada de luz. Se construye de materiales dieléctricos, preferentemente sílice. Generalmente una fibra tiene 125 micrómetros de grosor lo que es el doble que el cabello humano. La luz se guía por un núcleo central que está cubierto por el mismo material del revestimiento, pero con un índice de refracción menor para que la luz se mantenga dentro de la fibra (UPM, 2009).

### 1.1.2. Estructura de fibra óptica.

La fibra óptica es una guía de onda hecha de un vidrio conductor, material transparente y cilíndrico que tiene la capacidad de confinar y guiar luz a lo largo de su longitud y está formada por tres capas como se observa en la Figura 1:

- Núcleo central
- Revestimiento
- Recubrimiento



**Figura 1** Capas de una fibra óptica

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

A continuación, se detalla cada capa que compone un cable de fibra óptica.

#### 1.1.2.1. Núcleo.

El núcleo de la fibra está conformado por un material cilíndrico que por lo general es vidrio de sílice (compuesto de silicio y oxígeno), cuyo índice de refracción es mayor al del revestimiento, esta diferencia de índices permite que la luz viaje a través del núcleo hasta su destino (Velasco, 2018).

#### 1.1.2.2. Revestimiento.

El núcleo está recubierto por un material parecido al del núcleo, pero con un índice de refracción menor, por lo general está elaborado de vidrio, de esta manera los rayos de luz se

reflejan hacia el interior del núcleo evitando que se pierda información por refracción en el revestimiento. A este elemento de la estructura de la fibra también se lo llama manto(España, 2005).

### **1.1.2.3. Cubierta protectora.**

La cubierta protectora o chaqueta exterior, está hecha por lo general de un material conocido como polietileno y recubre todos los elementos de la fibra. De igual forma como protege los elementos dentro de ella, también impide que un rayo de luz externo ingrese a la fibra óptica.

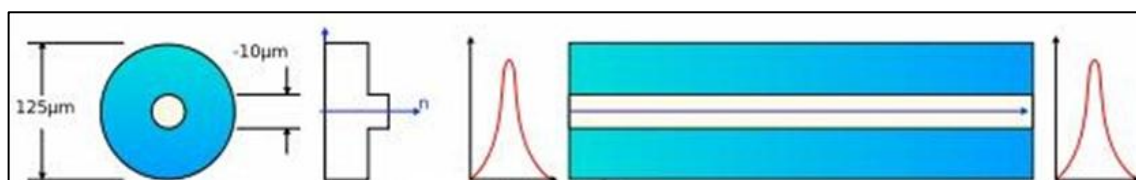
En algunos tipos de cables de fibra óptica existe una capa extra de hilos de kevlar (aramida, material ligero y robusto con resistencia al calor) entre el revestimiento y la cubierta protectora, que otorga mayor rigidez y protección al cable(Santa, 2015).

### **1.1.3. Tipos de fibra óptica según el modo de propagación.**

Dependiendo de la cantidad de rayos de luz que se propaguen en la fibra, se tiene los siguientes tipos:

#### **1.1.3.1. Fibra óptica monomodo.**

Tiene un núcleo de 10 micrómetros, por el que rayo incidente se propaga cubriendo una trayectoria única y evitando así la dispersión modal, consiguiendo así velocidades de transmisión más altas y cubriendo distancias mayores (Córdoba, 2003), cómo se puede observar en la Figura 2.



**Figura 2** Fibra óptica monomodo

**Fuente:** (Wikimedia Commons, 2007)

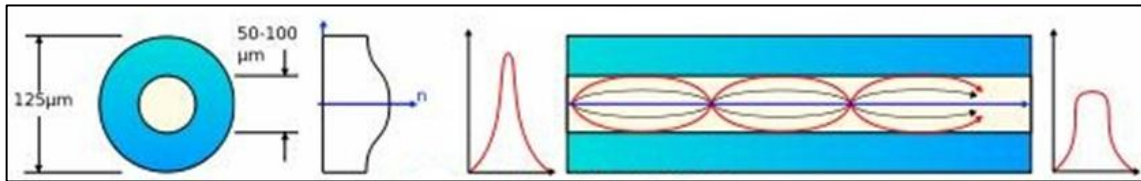
**Elaboración:** (Wikimedia Commons, 2007)

#### **1.1.3.2. Fibra óptica multimodo de índice gradual.**

En la fibra multimodo de índice gradual, el índice de refracción no es constante a lo largo de núcleo, es decir el índice decrece a medida que se llega al revestimiento, debido a esto los rayos toman forma ondulada a través de la trayectoria por el núcleo(Lapo, 2015), como se observa en la Figura 3.

De esta manera la velocidad de propagación de los modos que viajan por el centro será menor y mayor para los que viajen por el límite entre el núcleo y el revestimiento por lo que cubren más distancias y disminuyendo la diferencia en el tiempo de llegada de los modos al

otro extremo y reduciendo el ensanchamiento del pulso. En consecuencia, se obtiene un mayor ancho de banda y una mayor capacidad de transmisión (Villacís, 2015).



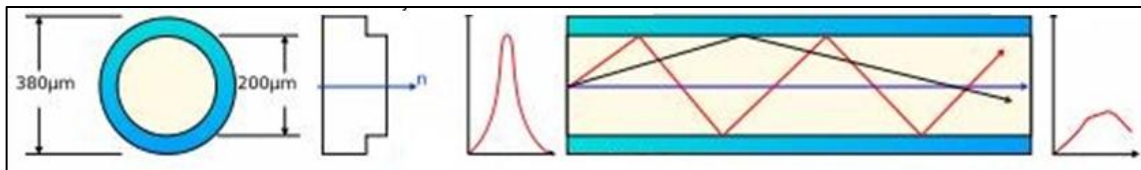
**Figura 3** Fibra óptica multimodo de índice gradual

**Fuente:** (Wikimedia Commons, 2007)

**Elaboración:** (Wikimedia Commons, 2007)

### 1.1.3.3. Fibra óptica multimodo de índice escalonado.

En este tipo de fibra también se propagan varios rayos de luz pero la característica que la diferencia de la fibra multimodo de índice gradual es que el índice de refracción del núcleo no cambia y es mayor que el índice de refracción del revestimiento, esto ocasiona que los rayos se reflejen con diferentes ángulos provocando que cada rayo se desfase de los demás en su trayectoria (Vargas, 2010), como se puede observar en la Figura 4.



**Figura 4** Fibra óptica multimodo de índice escalonado

**Fuente:** (Wikimedia Commons, 2007)

**Elaboración:** (Wikimedia Commons, 2007)

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

### 1.1.4.1. Pérdidas por absorción.

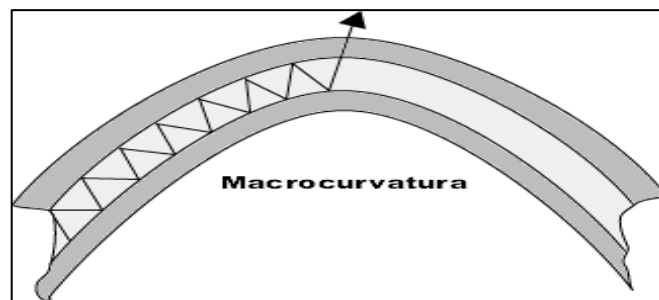
Se dan principalmente por impurezas de los materiales al fabricar la fibra, estas impurezas absorben la luz que se propaga en la fibra y la convierten en calor. Este tipo de pérdidas pueden ser por tres causas:

- Absorción por rayos ultravioletas
- Absorción por rayos infrarrojos
- Absorción por la presencia de iones hidroxilo  $\text{OH}^-$

Los dos primeros son causados por la interacción de las partículas de onda electromagnética presentes en la luz con las moléculas presentes en el núcleo. La tercera causa es por la presencia de partículas de vapor de agua que han permanecido en el material de la fibra debido al proceso de fabricación. La absorción se produce cerca de los 900 nm, cerca de los 1200 nm y cerca de los 1400 nm siendo este el más considerable con un valor de 0.04 dB/Km (Cevallos & Montalvo, 2010).

#### 1.1.4.2. Pérdidas por curvaturas.

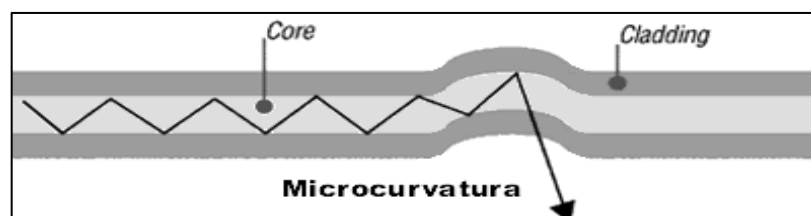
Es improbable que la fibra sea un elemento completamente recto, como se puede observar en la Figura 5 hay curvas en la fibra que dependerán de un radio determinado y, por lo tanto, el comportamiento de la fibra cambiará, teniendo un efecto sobre la intensidad de la radiación que se propaga. Estas curvas se denominan macro curvaturas. Se originan al momento de realizar el tendido de un cable de fibra óptica. Al ser más flexible un cable requiere menos tensión y sufrirá menos daños. Si el cable no es flexible se deberá ejercer una mayor tensión, pudiendo causar graves daños a la fibra (Coimbra, 2011).



**Figura 5** Microcurvaturas en una fibra óptica  
**Fuente:** (Proaño, 2009)  
**Elaboración:** (Proaño, 2009)

También hay otras curvas propias de la fibra, porque cada hilo de fibra no está aislado, sino que va con otros hilos en formas determinadas como se observa en la Figura 6, donde cada una de ellas afecta la disposición de las otras produciendo pequeñas deformaciones con radios menores. A estas curvas se las conoce como microcurvaturas.

Para el caso de las microcurvaturas la atenuación se deberá al acoplo repetido entre modos que se propagan y modos que se radian. Si los rayos cambian de ángulo al chocar con estas irregularidades, se puede decir que ahora no se propagan en la fibra, sino que se radiarán y para unos casos será interferencia destructiva y para otras constructivas (Cabezas & Pinto, 2014).



**Figura 6** Microcurvaturas de una fibra óptica  
**Fuente:** (Proaño, 2009)  
**Elaboración:** (Proaño, 2009)

#### 1.1.4.3. Pérdidas por scattering de Rayleigh.

Este tipo de dispersión se debe a la no uniformidad del material, tiene dimensiones menores a 0.1 micrómetros. Las variaciones respecto a la uniformidad se pueden agrupar en dos

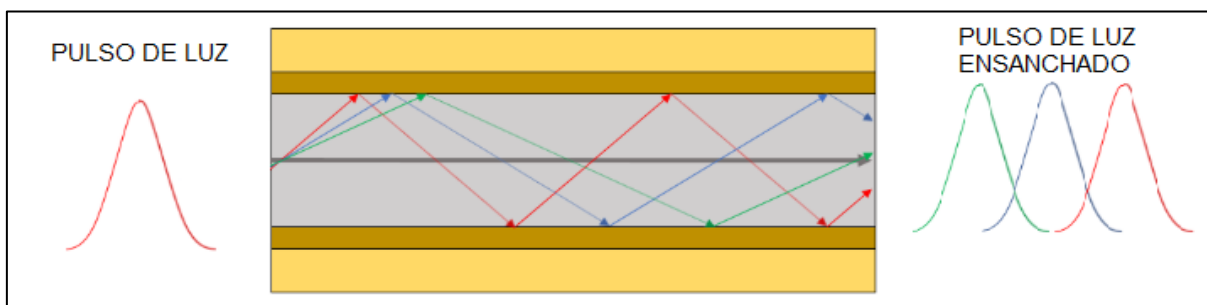
términos: el que depende de las fluctuaciones de la densidad del material y el que depende de la composición de este. Ambos factores proceden del proceso de fabricación y son complicados de eliminar.

Debido a que el scattering produce difracción, resulta altamente inconveniente para fibras en las que se emplea transmisión bidireccional. También, algunos rayos continúan a través de la fibra, pero otros escapan de ella a través del revestimiento (Cabezas & Pinto, 2014).

#### **1.1.4.4. *Dispersión modal.***

Como se observa en la Figura 7 este tipo de dispersión es ocasionado por los diferentes modos de propagación que viajan a través de la fibra óptica siguiendo diferentes caminos con la misma velocidad, lo que provoca que recorran distancias diferentes y lleguen al receptor en diferentes tiempos, generalmente se evalúa en nano segundos.

La dispersión de un pulso puede causar que este llegue a interferir con los pulsos adyacentes lo que se conoce como ISI (Interferencia entre Símbolos), incrementando el BER (Bit Error Rate) del sistema, esta dispersión está presente solo en las fibras multimodo (Cevallos & Montalvo, 2010).



**Figura 7** Varios modos de propagación en una fibra óptica multimodo

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

#### **1.1.4.5. *Dispersión cromática de material.***

Se relaciona con las fuentes de luz como láser o LED, las cuales generan un rango de longitudes de onda en lugar de una sola longitud de onda, los láseres tienen un rango de 1 nm a 5 nm y los leds de 20 nm a 150 nm.

Por lo tanto, al viajar los pulsos de luz a diferentes longitudes de onda su velocidad será distinta debido a que el índice de refracción varía según la longitud de onda del pulso y por lo tanto cambia la velocidad de propagación lo que ocasiona una deformación en el pulso (Proaño, 2009).

#### **1.1.4.6. *Dispersión por modo de polarización.***

Se produce únicamente en fibras monomodo. Su origen se debe a las asimetrías que hay en el núcleo, es decir, las direcciones perpendiculares de las componentes del modo no poseen



el mismo índice de refracción ni el mismo diámetro y llega en diferente tiempo lo que resulta en un ensanchamiento del pulso(Grosz, 2005).

## **1.2. Sistemas de comunicaciones ópticas**

Un sistema de comunicaciones ópticas es igual que otro sistema de comunicación tradicional, la principal diferencia está en que las longitudes de onda que se emplean están en el orden de los nanómetros y la frecuencia utilizada para transmitir está en el orden de los terahertz, además estos sistemas de comunicación tienen altas capacidades de transmisión (Villacís, 2013).

### **1.2.1. Elementos de un sistema de comunicaciones ópticas.**

Para transmitir señales ópticas a través de la fibra óptica es necesario de dos elementos principales, en el inicio se requiere de un emisor que convierte las señales eléctricas en señales ópticas y en el extremo final se requiere de un receptor que recibe las señales ópticas y las vuelve a convertir en señales eléctricas.

Estos emisores y receptores se fabrican basándose en la combinación de diferentes elementos de la tabla periódica. El Indio (In), el Galio (Ga), el Germanio (Ge), el Silicio (Si), el Arsénico (As) y el Fósforo (P), han demostrado ser los más idóneos para la fabricación (Geronimo, 2014).

Estos dispositivos deben cumplir con lo siguiente:

- La luz emitida debe tener la misma longitud de onda que corresponde a la ventana de transmisión de la fibra usada.
- La emisión de luz debe ser en la menor cantidad de modos.
- Deben poseer unos tiempos de vida útil muy largos.
- Los detectores deben tener una sensibilidad muy elevada

#### **1.2.1.1. Transmisores ópticos.**

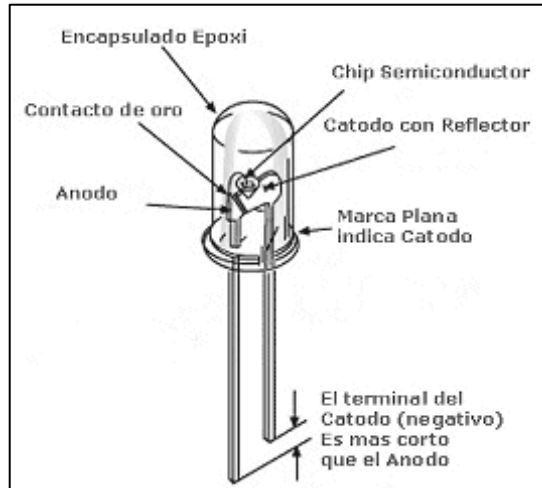
Hay dos tipos de fuentes semiconductoras para ser usadas en los sistemas ópticos como emisores de luz: el diodo LED (Diodo Emisor de Luz) y diodo LASER (Diodo de Amplificación de Luz por emisión estimulada de radiación).

##### **1.2.1.1.1. Diodo LED.**

Este tipo de diodo es un material semiconductor que al ser excitado con corriente eléctrica puede emitir luz, su color varía dependiendo del material del que esté hecho.

Cuando el diodo LED está en polarización directa los electrones cruzan del material tipo N al tipo P. Los huecos del material tipo P y los electrones del material tipo N son impulsados hacia la región activa liberando fotones (Segura, 2014).

Debido a que el diodo LED presenta una distribución espectral tan amplia se utiliza cuando se requiere transmitir una señal óptica en distancias cortas y con poca salida de potencia. Estos diodos son muy económicos y poseen un largo tiempo de vida. En la Figura 8 se observa la estructura del encapsulado de este diodo.



**Figura 8** Encapsulado de un diodo LED

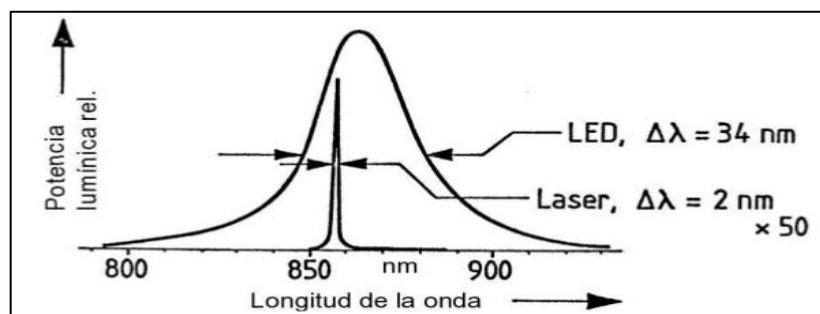
**Fuente:** (Martin, 2010)

**Elaboración:** (Martin, 2010)

#### 1.2.1.1.2. Diodo LASER.

Es un diodo semiconductor que al ser polarizado de forma directa emite una luz coherente monocromática y con un ancho espectral muy estrecho. Al tener un espectro tan estrecho la luz no se dispersa de la forma que lo hace la luz emitida por un diodo LED, por lo que es muy eficiente para transmitir a largas distancias y altas frecuencias.

Aunque su estructura parece similar a la de un diodo LED en lo que respecta a electrones y huecos, no lo es en lo que respecta a fotones. El diodo LASER está diseñado para que cuando existan altos niveles de inyección de energía el proceso de emisión de fotones sea determinado por la emisión estimulada (Sanchis & Ejea, 2008). La emisión estimulada permite obtener una luz con alta pureza espectral como se observa en la Figura 9, fotones coherentes y velocidades de respuesta altos.



**Figura 9** Ancho de banda espectral del diodo LED y diodo LASER

**Fuente:** (Lecona, Mosco, Negrete, & Ramírez, 2011)

**Elaboración:** (Lecona et al., 2011)

### 1.2.1.2. Receptores ópticos.

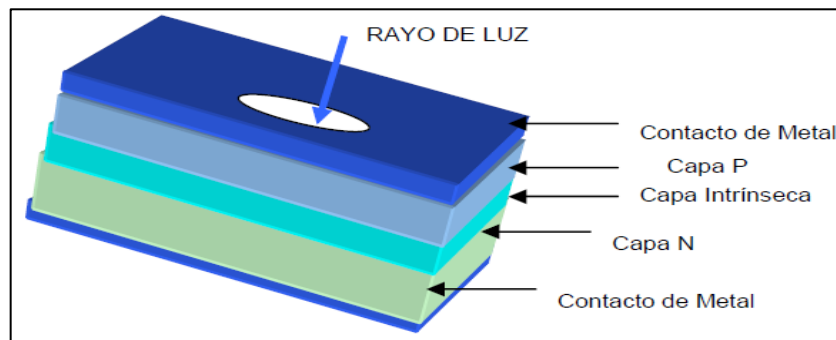
Un receptor óptico es una unión P-N de semiconductor polarizado en inversa que basa su funcionamiento en el fenómeno de emisión estimulada. Existen dos tipos de receptores ópticos: el fotodiodo PIN y el fotodiodo APD.

#### 1.2.1.2.1. Fotodiodo PIN.

Es el más utilizado como detector de luz en los sistemas de comunicaciones ópticas. En la Figura 10 se observa que está compuesto por una capa intrínseca de material semiconductor que se introduce entre la unión de las capas de materiales semiconductores tipo N y P.

La luz ingresa por la cavidad de detección, la cual es una ventana pequeña y es absorbida por el material intrínseco, este material agrega la energía necesaria para que los electrones se muevan de la banda de valencia a la banda de conducción, generándose así portadores de carga que permiten que la corriente fluya por el diodo (Geronimo, 2014).

Los elementos más usados en la elaboración de este fotodetector son el Germanio y últimamente se utiliza el Arseniuro de Galio con resultados satisfactorios.



**Figura 10** Estructura del diodo PIN

**Fuente:** (Geronimo, 2014)

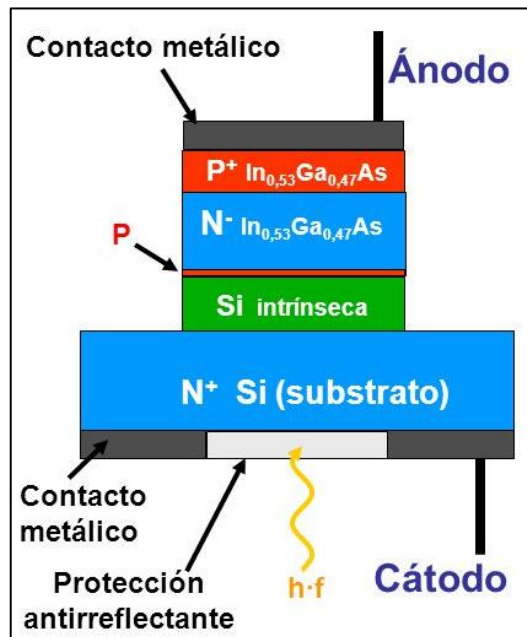
**Elaboración:** (Geronimo, 2014)

#### 1.2.1.2.2. Fotodiodo APD.

Durante la ionización por impacto, un portador puede adquirir la energía suficiente para ionizar otros átomos y estos portadores a su vez provocan más ionizaciones. El proceso continúa como si fuera una avalancha y es una ganancia de portadores (Cabezas & Pinto, 2014).

Los diodos APD son más sensibles que los diodos PIN y tienen menos amplificación adicional. La desventaja que tienen estos diodos son los tiempos de tránsito que son grandes y además el ruido que la avalancha generada produce. En la Figura 11 se observa

que está formado por dos capas de material tipo P y dos de material tipo N con una zona intrínseca, además posee dos contactos metálicos que sirven de cátodo y ánodo.



**Figura 11** Estructura del diodo APD  
**Fuente:** (Bustamante, 2015)  
**Elaboración:** (Bustamante, 2015)

### 1.3. Redes de acceso FTTx

FTTx describe un conjunto de topologías o arquitecturas que se usan en las redes de acceso por fibra óptica, diferenciadas según dónde termina el cable de fibra. Esta clasificación de topologías está determinada por algunos elementos (Lattanzi & Graf, 2016).

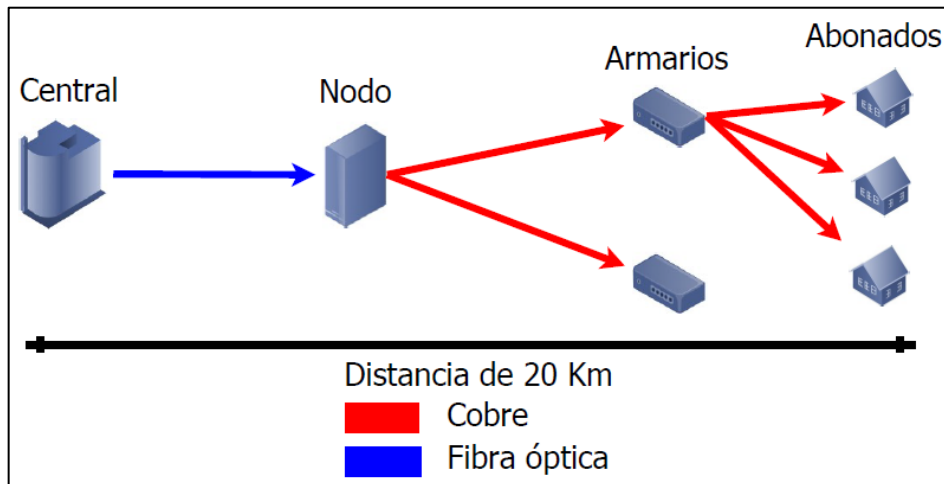
- Alcance: la longitud que tiene la fibra óptica.
- Medios de transmisión: únicamente fibra óptica o una combinación de fibra óptica y cobre.
- Componentes de Red: terminales de usuario y equipos concentradores.

Estas arquitecturas sirven para la migración de redes de cobre a redes más actuales de fibra óptica, respondiendo a unos requerimientos cada vez mayores por parte de los usuarios respecto al ancho de banda para poder brindar nuevos servicios y optimizar los servicios actuales.

#### 1.3.1. Fibra Hasta el Nodo (FTTN).

La arquitectura FTTN ofrece fibra óptica como forma de transmisión desde la central hasta el nodo de un barrio como se observa en la Figura 12, en donde la señal óptica recibida es convertida en señal eléctrica para transportar la información a través de un par trenzado de cobre. En esta topología generalmente, el armario se encuentra ubicado a un kilómetro del suscriptor (Suárez, 2010).

Para llegar a los abonados generalmente se utiliza tecnología ADSL. La velocidad de transmisión se limita al ancho de banda que posee el par trenzado de cobre, por lo que una solución a un bajo ancho de banda es el uso de cable coaxial que permite mayores velocidades de transmisión, esto es más usado en servicios de video (Romero, 2018).

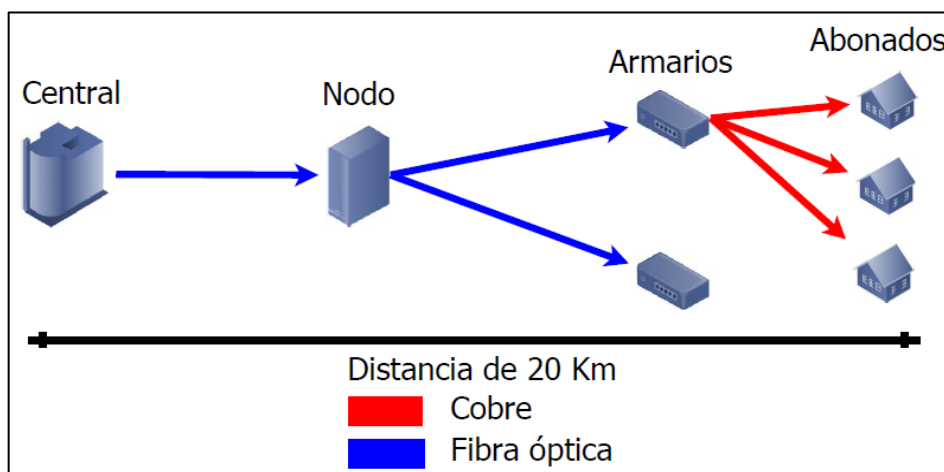


**Figura 12** Arquitectura FTTN  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

### 1.3.2. Fibra Hasta el Armario (FTTC).

En esta topología la fibra óptica recorre desde la central hasta un nodo o armario óptico que por lo general está ubicado a 150 o 200 metros del abonado como se observa en la Figura 13 y desde ese punto se realiza la conversión de señal óptica a señal eléctrica para llegar con par trenzado de cobre hasta el usuario(Iza, 2011).

Se puede tener un DSLAM ubicado más cerca del usuario para mejorar la velocidad, sin embargo, la velocidad de transmisión sigue en función de las características del tendido de cobre que se use.



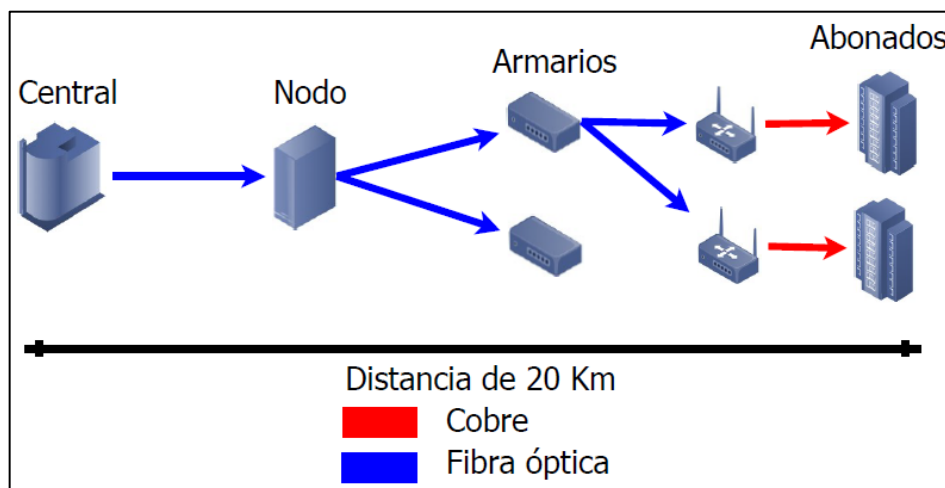
**Figura 13** Arquitectura FTTC  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

### 1.3.3. Fibra Hasta el Edificio (FTTB).

Cuando se utiliza una arquitectura FTTB, la transmisión en fibra óptica se realiza hasta un splitter óptico ubicado en las inmediaciones del edificio como se observa en la Figura 14, y a partir de ese punto de acceso se llega a través de la red de cableado estructurado con par trenzado hasta el usuario.

Este tipo de topología se está empezando a implementar en la actualidad con buenos resultados puesto que es más económica que otras topologías como FTTH. Con FTTB se llega a una sola terminal óptica en el edificio, que es compartida por los abonados (González & Vega, 2009).

De esta manera este tipo de redes permiten reutilizar parte de la infraestructura existente en los edificios, pudiendo ofrecer servicios de mayor calidad.



**Figura 14** Arquitectura FTTB  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

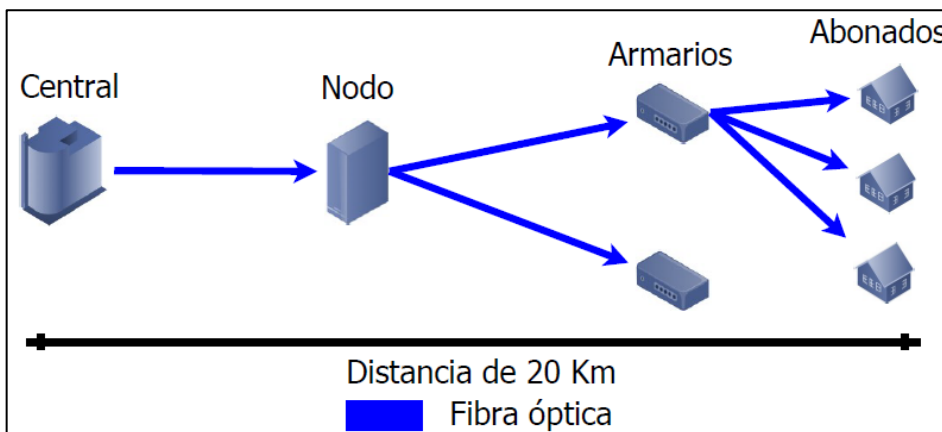
### 1.3.4. Fibra Hasta el Hogar (FTTH).

Con el objetivo de hacer posible que los usuarios ubicados a distancias que la tecnología xDSL no cubre por cuestiones técnicas, tengan acceso a servicios de mayor ancho de banda y también para los casos en los que se debe acercar el nodo a la zona a servir (modelo FTTC), se vuelve más atractivo usar las topologías de acceso mediante fibra óptica hasta el domicilio del abonado como se observa en la Figura 15.

En esta arquitectura de red, el ancho de banda y la velocidad de transmisión se ven limitadas por la tecnología que se usa para este tipo de implementaciones (Suárez, 2010).

Existen diferentes tecnologías que se pueden implementar para realizar el despliegue de una red FTTH, estas tecnologías se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Redes Activas: Son redes que poseen elementos activos en ellas, es decir, fuera de la central como el caso de SDH. En el caso de FTTH estas redes cumplirán la función de acceso y no solo de transporte.
- Redes Pasivas: Son redes que poseen componentes que son enteramente pasivos en ellas. Estas se denominan PON y permiten compartir una fibra entre varios usuarios.



**Figura 15** Arquitectura FTTH  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

#### 1.4. Redes xPON

Una red óptica pasiva (PON) se caracteriza por ser una arquitectura punto a multipunto que provee un acceso de banda ancha. La arquitectura P2MP (point to multi point) se ha convertido en la más popular a implementar en despliegue de redes FTTx entre los distintos operadores (HUAWEI, 2012).

En 2004 el grupo de estudio 15Q2 de la UIT-T completó las recomendaciones que definieron el sistema GPON. Las redes PON no usan elementos activos a lo largo de su recorrido, lo cual hace de ellas redes muy confiables y con un costo de mantenimiento bajo.

##### 1.4.1. APON (ATM PON).

Esta tecnología se define en la revisión del estándar ITU-T G.983, que en cuanto a redes PON fue el primer estándar. Las primeras especificaciones definidas para estas redes fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual usa el estándar ATM como protocolo para la señalización de la capa de enlace de datos (Guevara, 2011).

Las redes APON utilizan como portador el protocolo ATM, se adapta a diferentes arquitecturas FTTx. La transmisión de los datos en downstream se produce por ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes de identificación del equipo generador. La tasa de bits que poseen estas ráfagas es de 155.52 Mbps que es repartido entre el número de usuarios (Guevara, 2011).

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

La tecnología BPON es una mejora a la tecnología APON que integra más servicios como Ethernet, distribución de video y WDM teniendo un mayor ancho de banda.

Basa su arquitectura en la tecnología APON. Es definido en algunas revisiones al estándar ITU-T G.983 desde la G.983 que es la original de BPON hasta la G.983.8. La recomendación G983.1 define una arquitectura de forma simétrica, es decir, tanto el canal upstream como el downstream tienen la misma velocidad (155 Mbps) (Alulima & Paladines, 2014).

Con la realización de más revisiones a este estándar se logró aumentar la velocidad upstream y además permitir arquitecturas asimétricas (155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada) (Guevara, 2011).

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

EPON es un sistema desarrollado por la IEEE en la norma 802.3ah, esta tecnología se basa principalmente en el transporte del tráfico por Ethernet en vez de celdas ATM. EPON es definido en la recomendación IEEE 802.3 y tiene velocidades Gigabit, la velocidad de la que el usuario puede hacer uso está ligada a la cantidad de ONUs conectadas a la OLT (Kramer, Mukherjee, & Pasavento, 2002).

Una de las ventajas de esta tecnología es que brinda calidad de servicio tanto en el canal ascendente como en el descendente, define una tasa de datos simétrica de 1.244 Gbps. Los enlaces de un sistema EPON son punto a multipunto por lo que el abonado cuando transmite utiliza un tiempo para acceder y los demás usuarios no pueden ver el tráfico transmitido. Cuando la OLT transmite a las ONUs, lo realiza por medio de broadcast en el medio compartido. Para que se identifique a que usuario va dirigida la información se etiqueta las tramas con LLID que se extraen al llegar a su destino (Suárez, 2010).

#### **1.4.4. GEPON (Gigabit Ethernet PON).**

Las arquitecturas GEPON nacen con el propósito de solucionar la problemática de la última milla, puesto que esta tecnología presenta varias ventajas. Las redes GEPON permiten brindar servicios a usuarios localizados a una distancia máxima de 20 Km, ubicados desde la central u OLT hasta la ONU (ubicada en el usuario). Esta distancia resalta de forma significativa la cobertura de las tecnologías DSL (máximo 5Km desde la central) (Cervantes, Pesantez & Ofelia, 2011).

Esta tecnología reduce costos al simplificar el equipamiento utilizado y minimizar el tendido de fibra en la última milla al usar topologías punto a multipunto.



#### **1.4.5. NG-PON (Next Generation PON).**

Actualmente existen varias propuestas para que GPON evolucione a redes de nueva generación que se conocen como redes NG-PON. Entre los requerimientos más importantes está el aumentar el ancho de banda y el alcance que posee GPON, reutilizando la mayor parte de la red PON desplegada desde la central a los usuarios.

Dentro de NG-PON se diferencia XG-PON que trabaja sobre la ODN de GPON y WDM-PON que requiere ciertos cambios para trabajar. Actualmente GPON es la tecnología de acceso predominante para usuarios residenciales, sin embargo, XG-PON es una opción que puede ser empleada para usuarios residenciales y WDM-PON para empresas y la red móvil. Una de las cosas que se quiere lograr es que las redes GPON desplegadas coexistan con las redes NG-PON que se vayan a desplegar. Entre los líderes que desarrollan sistemas NG-PON están: Alcatel-Lucent, Huawei, ZTE entre otros (Millán, 2015).

##### **1.4.5.1. XG-PON**

Emplea TDM con mayor velocidad de línea que una red GPON. Se diferencia entre XG-PON1 que posee una velocidad de bajada de 10 Gbps y de subida de 2.5 Gbps, y XG-PON2 que soporta 10 Gbps simétrico. Mientras que XG-PON1 es ideal para despliegues usando FTTH, XG-PON2 es ideal para despliegues usando FTTB/C.

El estándar de XG-PON1 se define en las recomendaciones ITU-T G.987 y G.988, que fueron terminadas en el año 2010. Además, en comparación con GPON tiene mejoras en mecanismos de seguridad y métodos de ahorro de energía.

##### **1.4.5.2. WDM-PON**

A largo plazo se desplegará la red WDM-PON la cual usa WDM, es decir, cada ONU tiene una longitud de onda distinta. Además en WDM-PON se está investigando nuevas formas de modular la señal como OFDM o CDM.

Las tecnologías que se necesitan, en la actualidad ya están disponibles y existen implementaciones por parte de empresas como LG-Ericsson, por lo que es necesario avanzar en estandarización y reducir los costes de elementos ópticos para que se consideren aptas para realizar un despliegue masivo. WDM-PON es más simple que las otras redes PON ya que en la capa física se mantiene la topología punto a multi punto, a nivel virtual cada ONU tiene una longitud de onda diferente y de forma lógica se puede ver cada longitud de onda como si fuera un canal punto a punto que transporta velocidades simétricas a los abonados (Millán, 2015).

En la Tabla 1 se realiza una comparación de las tecnologías descritas anteriormente.

**Tabla 1** Comparación de las tecnologías de acceso xPON

Tecnología	Estándares	Tipo de Trama	Divisiones por Fibra	Velocidad Downstream	Velocidad Upstream
APON	UIT-T G.983.1	ATM	32	155 Mbps	155 Mbps
BPON	UIT-T G.983.1 - 8	ATM	32	622 Mbps	155 Mbps
EPON	IEEE 802.3ah	Ethernet	32	1.2 Gbps	1.2 Gbps
GEPON	IEEE P802.3av	Ethernet	64	10 Gbps	1 Gbps
XG-PON	UIT-T G.987 – G988	GEM	>64	10 Gbps	2.5 Gbps
WDM-PON	-	-	32	10 Gbps	10 Gbps

**Fuente:** (Bolaños, 2017)

**Elaboración:** Elaboración propia

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

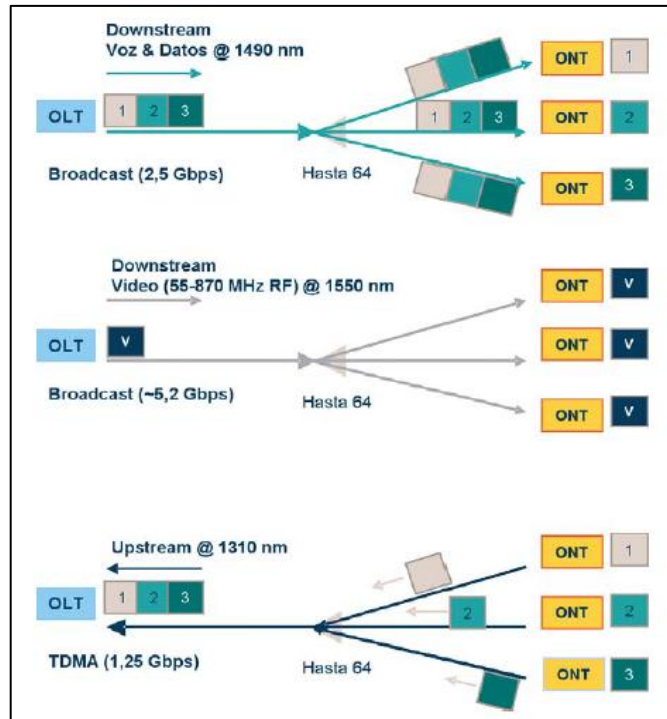
El ITU-T comenzó a trabajar sobre GPON en el año 2002. El objetivo de GPON era ofrecer mejor ancho de banda y mejorar la eficiencia de transporte para servicios IP. Las primeras recomendaciones de GPON aparecieron en el año 2003 y 2004 y ha habido continuas actualizaciones en los años siguientes.

##### **1.4.6.1. Características de GPON.**

GPON ofrece una estructura de trama estable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, así como el soporte para tasas simétricas. La velocidad más usada en la actualidad es de 2.488 Gbps de bajada y 1.244 Gbps de subida como se observa en la Figura 16, en ciertas configuraciones se puede proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

La red de acceso al ser la parte más cercana al abonado se caracteriza por tener abundantes protocolos y servicios sobre ella. GPON usa el método GEM (GPON Encapsulation Method) para la encapsulación lo que le permite soportar cualquier servicio en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas de 125 microsegundos.

GPON no solo brinda un mayor ancho de banda comparado con las tecnologías anteriores, también es más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las casas de los abonados (Millán, 2008).



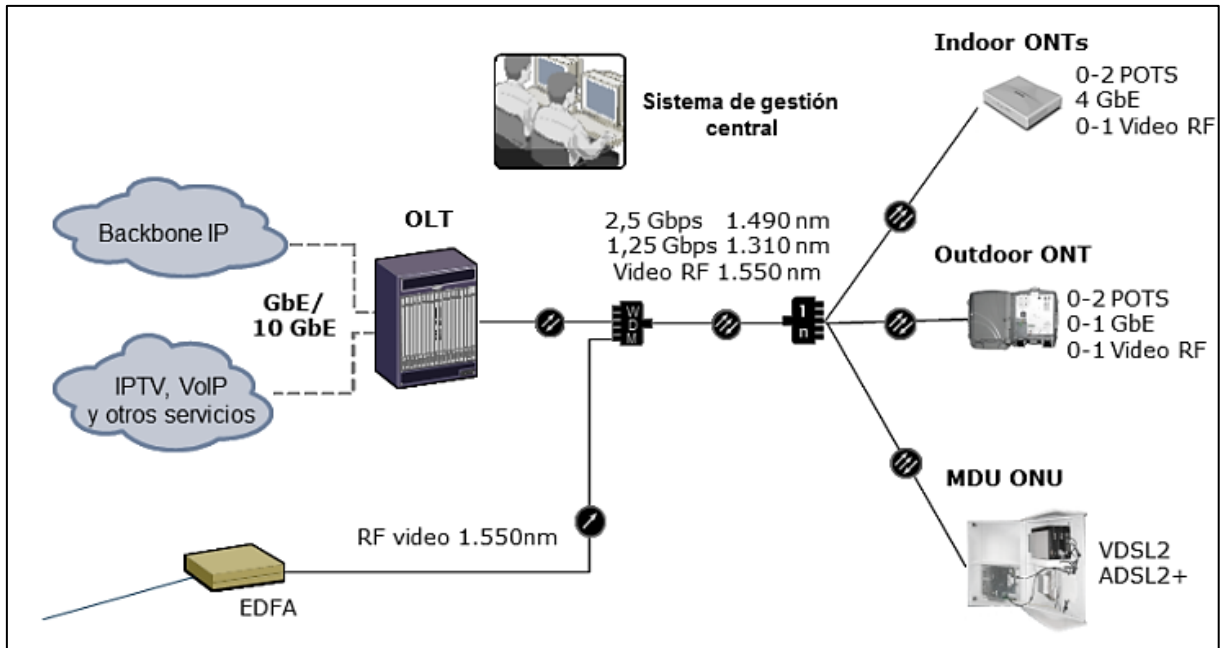
**Figura 16** Funcionamiento de la tecnología GPON  
**Fuente:** (Millán, 2008)  
**Elaboración:** (Millán, 2008)

#### 1.4.6.2. Arquitectura GPON.

GPON consta de una OLT ubicada en la central del operador y de las ONT ubicadas en las casas de los usuarios para FTTH. La ONT tiene varios puertos de línea y cada puerto soporta 64 ONT. En la topología FTTN el MDU reemplaza a las ONT que ofrecen VDSL2 hasta las casas de los abonados. En la Figura 17 se observa la arquitectura de GPON.

Para conectar la OLT con la ONT se usa fibra óptica para transportar una longitud de onda downstream. Con un dispositivo pasivo se divide la señal de luz que tiene en la entrada en varias salidas ( $1 \times n$  donde  $n=2, 4, 8, 16, 32$  o  $64$ ) permitiendo distribuir el tráfico downstream que origina la OLT, esto es una arquitectura punto a multipunto. Los datos upstream desde la ONT a la OLT se distribuyen en una longitud de onda diferente para evitar colisiones en la transmisión downstream. Estos datos son agregados por la unidad divisoria pasiva que en la otra dirección sirve como combinador del tráfico permitiendo que la OLT recolecte el tráfico (López, Moschim, & Rudge, 2009).

Para el tráfico downstream se realiza un broadcast óptico, aunque cada ONT es capaz de procesar el tráfico que le corresponde y tiene acceso por parte del operador. Las longitudes de onda asignadas para el tráfico de datos y telefónico downstream es de 1490 nm y para el tráfico upstream es 1310 nm, utilizando WDM (Wavelength Division Multiplexing) se agrega una longitud de onda adicional de 1550 nm para el broadcast de video RF (Millán, 2008).



**Figura 17** Arquitectura GPON

**Fuente:** (Millán, 2008)

**Elaboración:** (Millán, 2008)

### 1.4.6.3. Recomendaciones ITU-T G.984.x.

Estas recomendaciones describen una red de acceso flexible de fibra óptica capaz de soportar los requisitos de ancho de banda de servicios comerciales y residenciales. Soporta sistemas con velocidades nominales de línea de 2.4 Gbps en downstream y 1.2 Gbps en upstream y sistemas con velocidades simétricas. De manera general estas recomendaciones proponen las características generales para GPON basadas en los requisitos de los operadores (ITU-T, 2008b).

#### 1.4.6.3.1. G.984.2 Capa Física de GPON.

Esta recomendación describe los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD) para una red óptica que posee la capacidad de llevar varios servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio. El sistema descrito constituye una evolución con respecto a la recomendación ITU-T G.984.1, manteniendo los requisitos propuestos en esta para obtener una compatibilidad con las redes ópticas desplegadas (ITU-T, 2003).

#### 1.4.6.3.2. G.984.3 Transmisión.

En esta recomendación se describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, que son una familia de redes flexibles de acceso que pueden proporcionar servicios de banda ancha y banda estrecha. Incluye las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia, funcionalidad OAM y

seguridad de la convergencia de transmisión de las PON con capacidad gigabits (ITU-T, 2014).

#### *1.4.6.3.3. G.984.4 ONT Management Control Interface (OMCI).*

La recomendación de la OMCI abarca la gestión de configuración, la gestión de averías y la gestión de calidad de funcionamiento de la ONT para la explotación del GPON y para diversos servicios entre los que se encuentran (ITU-T, 2008a):

- Capas de adaptación ATM 1, 2 y 5.
- Capas de adaptación GEM.
- Servicio de emulación de circuitos.
- Servicios ethernet, incluida la red de área local con puente de control de acceso a los medios
- Servicio de voz
- Multiplexación por división en longitud de onda

Esta recomendación se ha centrado en las ONT conectadas por fibra óptica a las casas y locales comerciales, aunque también trata el soporte de la ONU, define el protocolo necesario para soportar las capacidades identificadas para estas ONT.

#### *1.4.6.3.4. G.984.5 Ampliación de bandas WDM.*

El propósito de esta Recomendación es definir rangos de longitud de onda reservados para que se superpongan señales de servicio adicionales mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en futuras redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN) (ITU-T Study Group 15, 2014).

Esta recomendación también define otros rangos de longitud de onda reservados para que se superpongan señales de servicio adicionales a través de WDM en futuras PON cuyas asignaciones de longitud de onda se basan en la UIT-T G.983.3.

#### *1.4.6.3.5. G.984.6 y G.984.7 GPON de mayor distancia.*

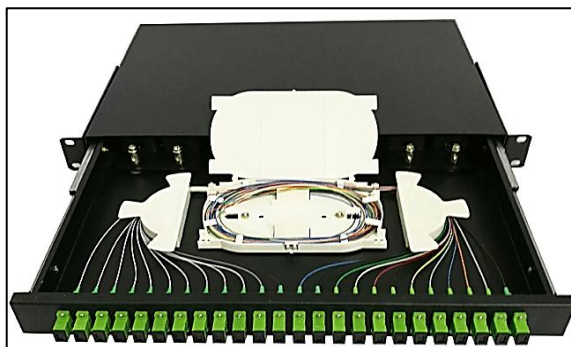
Esta recomendación define la distancia diferencial máxima entre dos ONU en la red óptica pasiva (PON) como 20 kilómetros y el alcance lógico de GPON se ha definido como 60 kilómetros. Sin embargo, según la experiencia de implementación práctica, se ha encontrado que una distancia diferencial de 40 km que va de 0 a 40 km o de 20 a 60 km, o distancias intermedias, permiten una flexibilidad significativa en la implementación de PON y ofrecen muchos beneficios, incluida la capacidad de brindar servicio a zonas escasamente pobladas de manera eficiente (ITU-T, 2010).

## 1.5. Elementos en planta externa de una ODN

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

Es el punto terminal de enlaces entre nodos de la red y que permiten la interconexión entre rutas o con elementos activos de la red de cada uno de los hilos del cable de fibra óptica. Los hilos están organizados e identificados de acuerdo con el código de colores (Cortez, 2016).

Tiene capacidades de puertos que van desde 6 hasta 144, esta capacidad está ligada al tipo de aplicación que tendrá. Debe contar con los accesorios necesarios para la sujeción a un armario o pared, cuenta con bandejas de empalme independientes para facilitar el manejo de un buffer sin que afecte a los demás como se observa en la Figura 18, debe contar con el espacio necesario para dejar reservas de pigtailed y buffers de la fibra del enlace y debe tener accesos para la fibra óptica y los patchcords (Cortez, 2016).



**Figura 18** ODF

**Fuente:** (Alibaba Store, 2019a)

**Elaboración:** (Alibaba Store, 2019a)

### 1.5.2. Splitter óptico.

Debido que una topología de red FTTH opera en un medio compartido, se debe compartir la señal que llega desde la OLT entre múltiples usuarios y entre múltiples ONTs. Un splitter es un elemento pasivo (no requiere energía), se encarga de dividir y distribuir la señal entrante por una fibra óptica entre diferentes fibras salientes que son dirigidas a los clientes que pertenecen a un mismo puerto de la OLT (López, 2013), en la Figura 19 se observa un splitter que divide la señal de una fibra en ocho señales iguales.



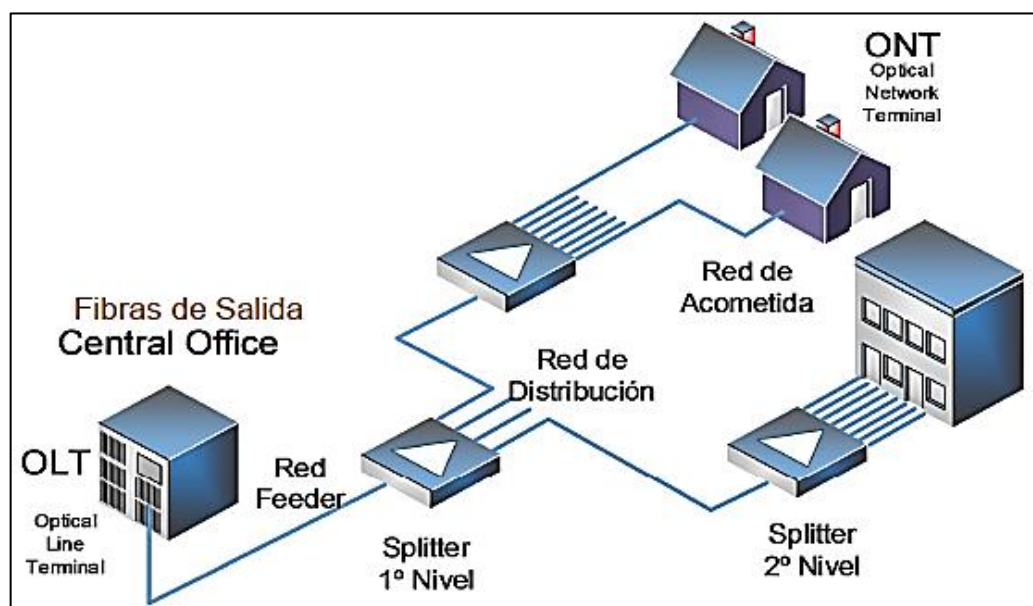
**Figura 19** Splitter óptico 1:8

**Fuente:** (López, 2013)

**Elaboración:** (López, 2013)

Por cada división que ocurre, la potencia de la señal a la salida es reducida en 3 dB, lo que significa que se ha dividido la potencia de entrada por la mitad. El diseño para la implementación de tecnología GPON para la red de acceso por fibra óptica considera dos splitters en la red para la división de la potencia de la señal como se observa en la Figura 20 (López, 2013):

- Splitter en primer nivel se encuentra entre la red feeder y la red de distribución.
- Splitter de segundo nivel se encuentra en las cercanías del usuario, general en una caja terminal óptica (CTO) o NAP



**Figura 20** Arquitectura FTTH con dos niveles de splitter  
**Fuente:** (López, 2013)  
**Elaboración:** (López, 2013)

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

Es una estructura rígida que almacena en su interior todos los elementos que intervienen al momento de hacer enlaces o cruzadas de feeder y distribución, con la disponibilidad de splitter conectorizado (CNT E.P., 2017a). En su interior pueden alojar compartimentos diferenciados y bandejas destinadas a contener distintos elementos.

Está constituido por una puerta, una pared posterior y un techo. Una plancha base con agujeros para el paso de cables y protegidos por tapones de caucho, para instalarse sobre un pedestal de hormigón. El material del armario puede ser policarbonato reforzado con fibra de vidrio, acero inoxidable o aluminio y sus colores pueden ser de tonalidad marfil o gris, homogéneos (CNT E.P., 2017a). En la Figura 21 se observa un ejemplo de un FDH homologado por la CNT.

En cuanto a los requerimientos físicos y de protección. A nivel de protección debe cumplir cualquiera de las dos normas: IP 65 o mejor, NEMA 4 o mejor. La puerta debe tener un ángulo de apertura de 90 grados y estar dotada con una cerradura de seguridad. Las partes metálicas deben tener elementos para conexión a tierra. Debe incluir además una guía para la organización y distribución de cables de fibra óptica y kit de instalación para el montaje.



**Figura 21** Armario de distribución óptica

**Fuente:** (COMTELEC Cia.Ltda., 2019)

**Elaboración:** (COMTELEC Cia.Ltda., 2019)

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

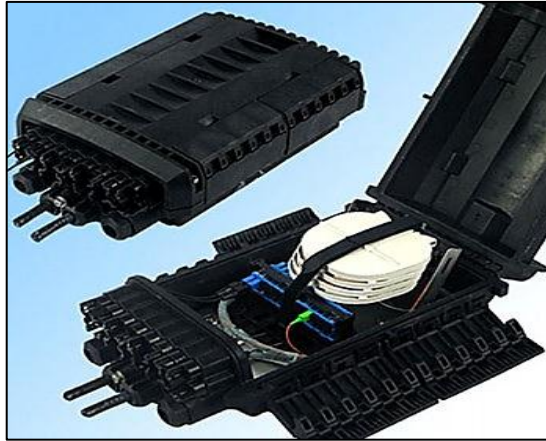
Es un elemento pasivo de distribución de fibra óptica hacia los abonados, tiene una capacidad de puertos con derivación y se emplea en postes, mini postes y murales. Las dimensiones que posee son: 390 mm de largo, 310 mm de ancho y una profundidad de 150 mm (CNT E.P., 2018).

Como se observa en la Figura 22 la NAP tiene los siguientes accesos:

- 2 accesos para sangrado (ingreso y/o salida) de cable principal.
- 1 acceso adicional para derivación de cable de fibra óptica de diámetro entre 11 a 12.5 mm.
- 8 accesos para cable de fibra óptica tipo drop, estos accesos deben permitir el ingreso de cable drop conectorizado SC.

En cuanto a seguridad debe cumplir con la norma ISO846 de protección contra hongos y la norma UL 94 V 0 de seguridad de inflamabilidad. La temperatura de operación debe ser entre -10°C a +50°C. Cada NAP incluye todos los herrajes y accesorios necesarios para su instalación en poste o en mural (CNT E.P., 2018).

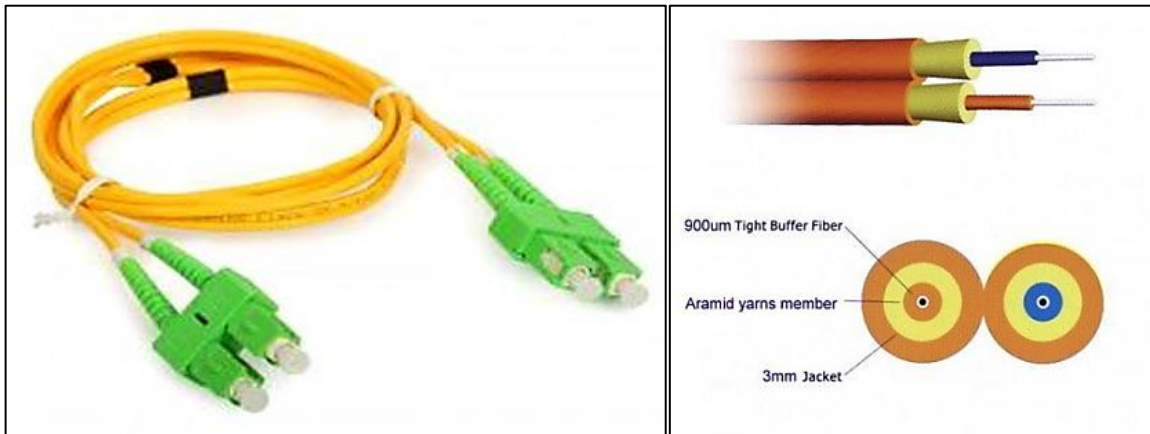




**Figura 22** NAP de 8 puertos  
**Fuente:** (OptyTECH, 2019a)  
**Elaboración:** (OptyTECH, 2019a)

### 1.5.5. Patchcord.

Es un cordón de fibra óptica que en cada extremo del cable posee los conectores de acuerdo con la necesidad de la red y utilizado para la interconexión de equipos y elementos pasivos de la red óptica. Su estructura es simplex o dúplex como se observa en la Figura 23, es decir, contiene uno o dos hilos de fibra óptica G.652D y el color de la chaqueta es amarillo con un diámetro de 2 mm. Cada conector está provisto de una tapa que impide la entrada de polvo a la cabeza del conector (CNT E.P., 2017d).



**Figura 23** Patchcord de fibra óptica dúplex  
**Fuente:** (OptyTECH, 2019c)  
**Elaboración:** (OptyTECH, 2019c)

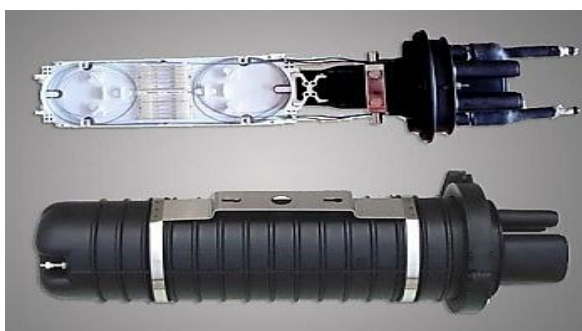
### 1.5.6. Manga de fusión porta splitter.

Es un elemento usado en planta externa de redes de fibra óptica para alojar empalmes de fusión. Tiene un largo de 60 a 76 cm y un diámetro de 26 a 31 cm en la parte oval, y en la parte rectangular tiene un largo de 51 a 67 cm y su largo mayor de 20 a 35 cm. La base esta recubierta por un material polimérico o polipropileno resistente a hongos, tracción, elongación y rayos UV (CNT E.P., 2016c).

Como se observa en la Figura 24, la manga de fusión porta splitter posee los siguientes accesos ubicados en el lado inferior:

- Al menos 1 acceso o número de accesos equivalente para realizar el sangrado de cable principal con dimensiones de 16.5 a 20.5 mm.
- 4 accesos adecuados para salida de cables cuyo diámetro está entre 11 a 15.5 mm.

En sus bandejas se puede colocar un mínimo de 288 empalmes de fusión e incluye como mínimo 288 manguitos o tubillos termo retráctiles. Todas las partes metálicas de la manga son inoxidable y además posee tapones de sellamiento de los accesos que no serán utilizados (mínimo 4) (CNT E.P., 2016c).



**Figura 24** Manga de fusión tipo domo

**Fuente:** (OptyTECH, 2019b)

**Elaboración:** (OptyTECH, 2019b)

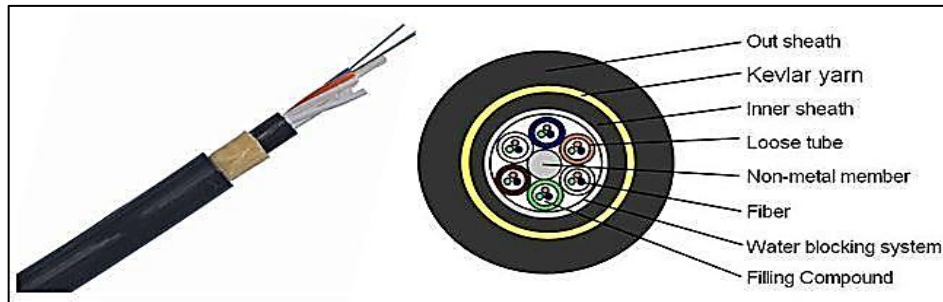
### **1.5.7. Cables de fibra óptica.**

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por varias fibras no tiene las características adecuadas que permitan su utilización de manera directa, además la mayoría de las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes adversos que pueden afectar al núcleo. Por estos motivos es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger la fibra.

#### **1.5.7.1. Cable aéreo**

Es un cable de fibra óptica auto soportado para redes aéreas de planta externa y última milla. Cumple con la norma ITU-T G.652D y puede disponer de 6, 12, 24, 48 o 96 fibras en su interior y soporta vanos de hasta 120 metros. El espesor de la chaqueta es de mínimo 1.8 milímetros y es de polietileno puro de alta densidad, posee elemento de tracción tipo aramida (KEVLAR). Protege a la fibra contra los rayos UV y contra la proliferación de hongos (CNT E.P., 2017b).

El peso del cable de 6 hasta 96 hilos es de 80 Kg/Km +/- 20 Kg/Km hasta 200 Kg/Km +/- 20 Kg/Km, opera a temperatura de -40°C hasta +70°C y tiene una vida útil de 20 años (CNT E.P., 2017b). En la Figura 25 se observa la estructura de este cable.



**Figura 25** Cable de fibra óptica aéreo ADSS

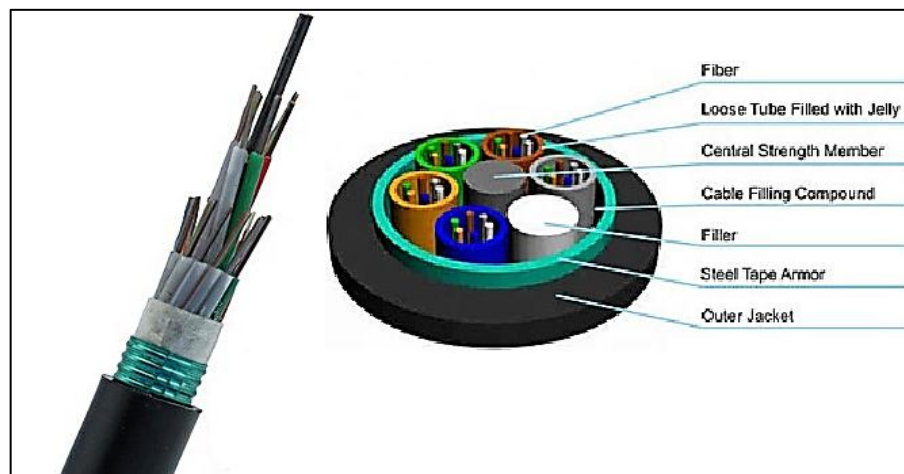
**Fuente:** (Huadong Cable Group, 2019)

**Elaboración:** (Huadong Cable Group, 2019)

### 1.5.7.2. Cable canalizado

Es un cable de fibra óptica para instalación en ductos y canalización en redes de planta externa y última milla. Cumple con la norma ITU-T G.652D y dispone de 6 hasta 96 hilos de fibra. Tiene un espesor de chaqueta mínimo de 1.8 mm hecha de polietileno puro de alta densidad. Posee protección anti-roedores (chaqueta de acero corrugado con un espesor de 0.15 mm). Provee una protección externa contra los hongos (CNT E.P., 2017c).

El peso del cable de 6 hasta 96 hilos es de 80 Kg/Km +/- 20 Kg/Km hasta 200 Kg/Km +/- 20 Kg/Km, opera a temperatura de -40°C hasta +70°C y tiene una vida útil de 20 años. Si el cable está inmerso en agua a una temperatura de 23°C se agrega una atenuación de 0.05 dB/Km (CNT E.P., 2017c). En la Figura 26 se observa la estructura de este cable.



**Figura 26** Cable canalizado de fibra óptica

**Fuente:** (Aprildi Cia., 2018)

**Elaboración:** (Aprildi Cia., 2018)

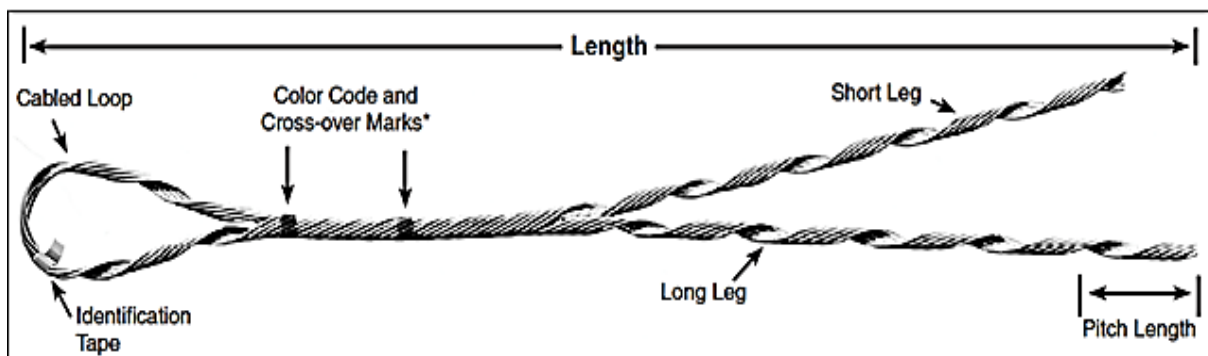
### 1.5.8. Preformado para cable de fibra óptica ADSS.

El preformado helicoidal permite sujetar el cable óptico ADSS con el herraje de retención. Soporta vanos de hasta 200 metros con una tensión de trabajo máxima de 7 KN. El número de varillas que posee esta entre 4 y 8 y están fabricadas de (CNT E.P., 2015):

- Aleación de aluminio.

- Acero galvanizado al caliente bajo norma ISO R 1460, ISO R 1461, norma ASTM A 123 o NTE INEN 2201.
- Acero recubierto de aluminio.

Posee una longitud de un metro con una tolerancia de más o menos 3%. Permite la instalación de cables ADSS de diámetros comprendidos en el rango de 12.00 mm a 12.80 mm. El interior del preformado está cubierto por una resina abrasiva para incrementar la fricción entre el cable y el preformado (CNT E.P., 2015). En la Figura 27 se observa la estructura de un preformado helicoidal.



**Figura 27** Preformado helicoidal

Fuente: (CNT E.P., 2015)

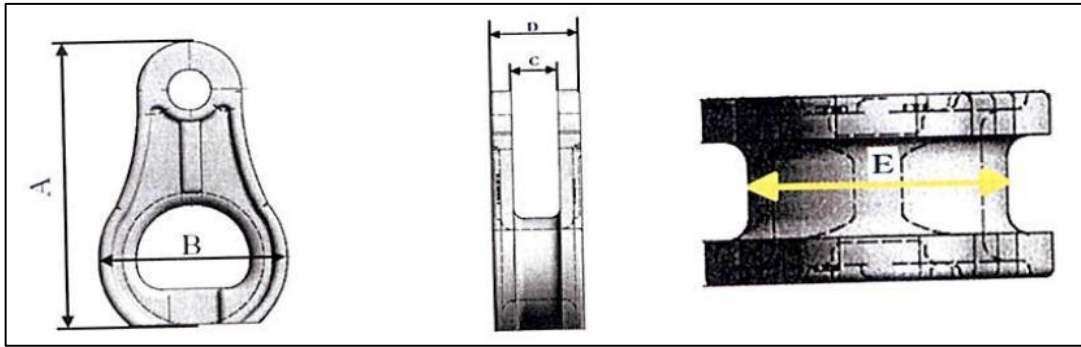
Elaboración: (CNT E.P., 2015)

### 1.5.9. Thimble clevis o guardacabos para cable.

El guardacabo con un perno o pasador metálico de sujeción que fija el guardacabo al brazo de soporte del herraje con el preformado para soportar cables ADSS. Está hecho de una fundición de aleación de aluminio y el perno está hecho de acero inoxidable, acero galvanizado en caliente o hierro galvanizado en caliente (CNT E.P., 2014a).

Según el esquema de la Figura 28 sus medidas son:

- Eje mayor (A): 120 mm  $\pm$  3 mm.
- Eje menor (B): 74 mm  $\pm$  4mm.
- Ancho interno (C): 20 mm  $\pm$  3mm.
- Ancho externo (D): 41 mm  $\pm$  3 mm.
- Diámetro exterior (E): 55 mm  $\pm$  3 mm.



**Figura 28** Ejes de un Guardacabos

**Fuente:** (CNT E.P., 2014a)

**Elaboración:** (CNT E.P., 2014a)

### 1.5.10. Identificador acrílico.

El identificador está hecho de material acrílico, tiene un espesor de 3 mm, un largo de 80 mm y un alto de 40 mm cuando va en instalaciones canalizadas, y un largo de 125 mm y un alto de 60 mm cuando va en instalaciones aéreas, la leyenda es en bajo relieve y contiene la información del cable al que se sujeta además de la información de la empresa y el proyecto al que pertenece (GAD LOJA, 2017). En la Figura 29 se observa un identificador acrílico aéreo a la izquierda y uno canalizado a la derecha, ambos pertenecen a proyectos ejecutados por la CNT.

El identificador se coloca en la chaqueta del cable utilizando amarras de plástico. Se coloca un identificador cada que el cable pase o se aloje en pozos o postes. En el caso de reservas de cable o empalme, dicho acrílico se coloca en el extremo del cable entrante al pozo o poste (GAD LOJA, 2017).



**Figura 29** Identificado acrílico de la CNT

**Fuente:** (GAD LOJA, 2017)

**Elaboración:** (GAD LOJA, 2017)

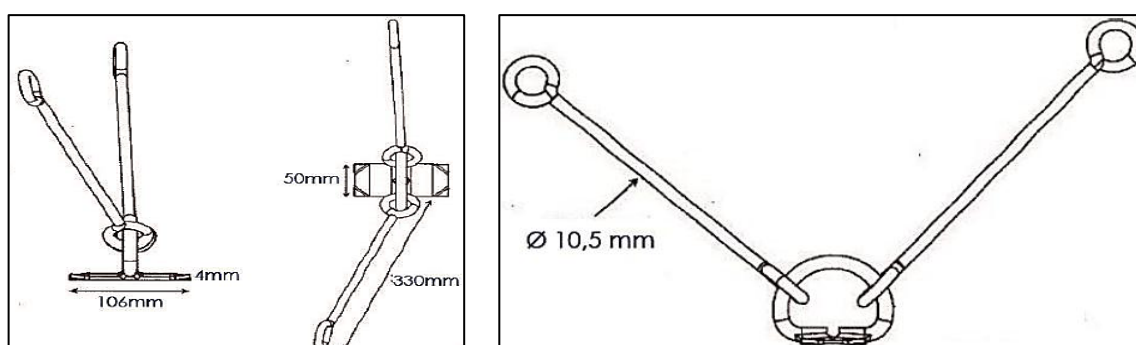
### 1.5.11. Herrajes.

#### 1.5.11.1. Herraje terminal tipo A.

Es un elemento utilizado para la instalación y mantenimiento de las redes de fibra óptica de construcción aérea. Estos herrajes terminales pueden tener 1, 2 o 3 tensores o extensiones,

soportan vanos de mínimo 200 m y se sujetan a los postes por medio de cinta de fleje o acerada de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Las dimensiones de la base del herraje son de 50x106x4 mm y el diámetro de la varilla circular lisa es de 12 mm (CNT E.P., 2016b).

Los tensores son varillas circulares lisas de 10.5 mm de diámetro con orejas para sujeción y tienen una longitud de 330 mm incluyendo las orejas, estas orejas de sujeción tiene un diámetro interno de 20 mm. El material del herraje es de acero bajo la norma ASTM A-36 o NTE INEN 2215 (A-36), galvanizado en caliente según la norma ISO R 1460, ISO R 1461, ASTM A 123 (CNT E.P., 2016b). En la Figura 30 se observa la estructura y medidas de este herraje.



**Figura 30** Dimensiones de herraje terminal tipo A de dos extensiones

**Fuente:** (ARPATEL, 2019a)

**Elaboración:** (ARPATEL, 2019a)

### **1.5.11.2. Herraje de suspensión tipo B.**

Es un elemento usado en las redes aéreas de fibra óptica en vanos de hasta 120 m. Cumple la función de un herraje de paso, sujeción o soporte del cable. Soporta cables con diámetros comprendidos en el rango de 12 a 15.7 mm, se sujeta al poste con cinta de fleje o acerada de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (CNT E.P., 2012b).

El herraje permite un cierre totalmente uniforme sobre el cable como se observa en la Figura 31, el material del herraje es de aleación de aluminio, zinc y magnesio, debe presentar un acabado estructural de forma limpia y compacta, es decir, sin porosidades. En su interior debe contener un elemento blando, de caucho virgen que permite la sujeción suave del cable y ejerza presión directa para evitar el deslizamiento. Cada dos herrajes de suspensión se debe colocar un herraje terminal (CNT E.P., 2012b).



**Figura 31** Herraje de suspensión tipo B

**Fuente:** (ARPATEL, 2019b)

**Elaboración:** (ARPATEL, 2019b)

#### **1.5.11.3. Herraje de cruce americano.**

Es un elemento utilizado para realizar giros en el trayecto del recorrido de cable de fibra óptica de tipo aéreo. Está formado por un cuerpo circular y por dos extensiones para sujetarse en postes, como se observa en la Figura 32. El cuerpo circular tiene un diámetro interior de 84 mm y es una varilla de 12 mm de diámetro lisa y sin asperezas. Las extensiones son varillas circulares con un diámetro de 10 mm y el diámetro interno de las orejas de sujeción es de 20 a 25 mm, la longitud de las extensiones es de 16 cm incluyendo las orejas de sujeción (CNT E.P., 2016a).



**Figura 32** Herraje para cruce americano de 2 extensiones

**Fuente:** (Indumever, 2019)

**Elaboración:** (Indumever, 2019)

#### **1.5.11.4. Herraje brazo farol.**

Está diseñado para sujetar cable de fibra óptica ADSS en vanos de hasta 120 m. Está formado por un tubo que es el farol y por un herraje terminal tipo A que forman un solo cuerpo para garantizar la operatividad del elemento, en la Figura 33 se observa un herraje de este tipo colocado en un poste del sector. El diámetro del tubo es de dos pulgadas y posee una longitud de un metro, para la sujeción al poste posee dos pernos en U de 5/8 de pulgada con rosca corrida tuercas y arandelas de presión (CNT E.P., 2012a).

El herraje tipo A está formado por una varilla redonda y lisa de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro y 25 cm de longitud y la base tiene de medidas 50x106x4 mm; los tensores son varillas redondas lisas de 10 mm de diámetro con oreja de sujeción y de 33 cm de longitud (CNT E.P., 2012a).



**Figura 33** Herraje brazo farol  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

#### 1.5.11.5. Herraje de pozo porta-reservas.

Es un herraje utilizado en pozos para el ordenamiento de reservas de cables de fibra óptica con diámetros entre 1.2 y 1.4 cm. Está hecho de acero estructural ASTM A-36 y tiene galvanizado al caliente según las normas ISO R1460, ISO R1461 o ASTM A123. La estructura del herraje es totalmente circular de forma completa o construido en dos medias lunas, el diámetro de la varilla es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y debe ser redonda y lisa. El diámetro interior es de mínimo 35 cm y el ancho es de 11 cm (CNT E.P., 2014b).

Para la sujeción a la pared del pozo el cuerpo debe tener por lo menos dos puntos de fijación en el caso de ser circular completo y en caso de ser dos medias lunas cada una debe poseer de tres puntos de fijación como se observa en la Figura 34. La reserva mínima es de 30 m (CNT E.P., 2014b).



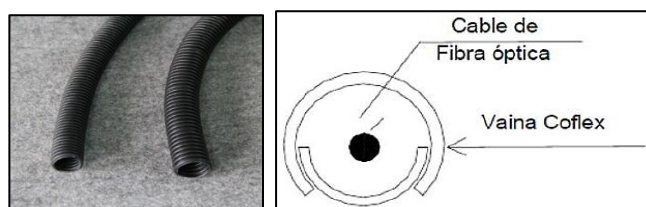
**Figura 34** Herraje porta-reserva de pozo  
**Fuente:** (CNT E.P., 2014b)  
**Elaboración:** Elaboración propia



### 1.5.12. Manguera corrugada 3/4”.

La manguera corrugada protege y además le da más resistencia mecánica al cable de fibra óptica, tiene propiedad ignífuga. En la Figura 35 se observa que cubre al cable de fibra óptica cuando se lo va a guiar dentro del pozo, va desde la salida de la boquilla de entrada hacia la de salida y se coloca en los herrajes de pozo procurando conservar los diámetros de curvatura que exigen los cables. Las principales características son (GAD LOJA, 2017):

- Fabricada en PVC.
- Elevada resistencia mecánica y estabilidad térmica.
- Resiste el envejecimiento que provoca el calor.
- Resiste el resquebrajamiento que ocasionan las tensiones.
- Elevada resistencia contra los ataques químicos.



**Figura 35** Manguera corrugada 3/4 de pulgada

**Fuente:** (GAD LOJA, 2017)

**Elaboración:** (GAD LOJA, 2017)

### 1.5.13. Tapón simple 1 ¼ pulgada.

Es un elemento utilizado en las instalaciones de tuberías de conducción de fibra óptica. No requiere de herramientas especiales ni accesorios adicionales para su instalación, es construido en material plástico resistente a la corrosión y a los agentes químicos, además es hermético al agua y reutilizable (CNT E.P., 2012e).

En Figura 36 se observa un tapón simple que tiene las siguientes medidas (CNT E.P., 2012e):

- Diámetro: 1 ¼ \*0.5 pulgadas.
- Diámetro interior de ducto: 1.22 pulgadas a 1.36 pulgadas.
- Diámetro exterior del cable: 0.35 a 0.57 pulgadas.



**Figura 36** Tapón simple

**Fuente:** (Alibaba Store, 2019b)

**Elaboración:** (Alibaba Store, 2019b)

#### 1.5.14. Tapón ciego 1 ¼ pulgada.

Es un elemento utilizado en las instalaciones de tuberías de conducción de fibra óptica. No requiere de herramientas especiales ni accesorios adicionales para su instalación, es construido en material plástico resistente a la corrosión y a los agentes químicos, además es hermético al agua y reutilizable. En la Figura 37 se observa un tapón ciego cuyas medidas son (CNT E.P., 2012d):

- Diámetro: 1 ¼ pulgada.
- Diámetro interior de ducto: 1.14 a 1.48 pulgadas.



**Figura 37** Tapón ciego

**Fuente:** (GlobalElectric S.A., 2019)

**Elaboración:** (GlobalElectric S.A., 2019)

## **CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES**

## 2.1. Metodología

El cumplimiento de los objetivos se realiza con la ayuda de la CNT, uno de los pasos importantes antes de comenzar es la firma de un acuerdo de confidencialidad que asegura el uso apropiado de la información brindada por la empresa, una vez firmado este acuerdo, el responsable en la CNT asigna el sector en el que se realizará el proyecto, delimita la zona de cobertura y la capacidad mínima de usuarios a los que la red ODN puede brindar servicio. En la Tabla 2 se detalla la metodología utilizada para el cumplimiento del primer objetivo.

**Tabla 2** Metodología para el cumplimiento del primer objetivo

Objetivo: Realizar el levantamiento actual de servicios de telecomunicación en el sector de estudio.		
PASOS	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Obtención de plano catastral de la ciudad.	-AutoCAD.	Se obtiene el plano catastral vigente de la ciudad Loja en el que consta la localización y límites de los lotes, para cerciorarse de que la información que está en el plano es correcta se realiza una visita de campo al sector.
Obtención de información de la infraestructura de telecomunicaciones actual del sector.	-SIG EERSSA.	Se obtuvo información de la página web del Servicio de Información Georreferenciada de la EERSSA, de esta página se obtuvo la cantidad de postes del sector y cantidad de medidores eléctricos.
Levantamiento de la demanda actual de servicios de telecomunicaciones.	-Encuesta aprobada por la CNT.	Se realizó una encuesta a cada abonado, esta encuesta se aplicó mediante una entrevista con las personas que viven los lotes, se tomó en cuenta los lotes vacíos y con construcciones sin terminar como demanda futura.
Tabulación de datos obtenidos mediante encuestas.	-Encuestas aplicadas -EXCEL.	Los datos obtenidos fueron registrados en una hoja de cálculo de Excel para poder tener la información ordenada y poderla registrar posteriormente en el diseño.

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 3 se detalla la metodología utilizada para el cumplimiento del segundo objetivo.

**Tabla 3** Metodología para el cumplimiento del segundo objetivo

Objetivo: Diseñar una red ODN con tecnología GPON para el sector Las Pitas de la ciudad de Loja, de acuerdo con la normativa de CNT EP.		
PASOS	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Análisis de normativas de diseño y dibujo.	-Normativa de diseño de ODN. -Normativa de dibujo georreferenciado.	Se realizó este análisis para familiarizarse con las normas de diseño que posee la CNT, además de la simbología que se utilizaría en el diseño.
Colocación en el plano georreferenciado la información obtenida del primer objetivo.	-Información de los servicios de telecomunicaciones obtenida en el primer objetivo. -AutoCAD.	Se coloca la zona delimitada del sector y toda la información obtenida mediante las encuestas y el SIG de la EERSSA. En cada lote se colocó la información de la demanda actual y de la demanda potencial así como una ONT por cada usuario, en los lotes que no tienen habitantes se colocó la etiqueta "BALDIO".
Delimitación de las zonas de dispersión.	-AutoCAD.	Estas zonas son un conjunto de usuarios a los que una NAP les brindará servicio. La NAP cuenta con 8 fibras y un splitter 1/8, de estas 8 fibras por normativa se dejan 2 en reserva para demanda futura y 6 para la demanda actual.
Determinación de los distritos.	-AutoCAD.	Se procedió a establecer los distritos de tal forma que cada una de las mangas porta splitter tengan un número de NAPs asignado, se trata de que este número de NAPs sea igual en cada distrito.
Diseño de la red feeder.	-AutoCAD.	La red feeder cuenta con una sola fibra troncal que va desde la mini OLT hasta la última manga porta splitter y además posee tres derivaciones del cable principal para poder acceder al centro de los distritos, la OLT se colocó en un lugar estratégico en el que será fácil instalarla.
Diseño de la red de distribución.	-AutoCAD.	Se colocó cada manga porta splitter en el centro de los distritos y se utilizó tres o cuatro fibras de distribución de acuerdo con la cantidad de NAPs del distrito. También

		se utilizó mangas de derivación en los casos que se requería más de una derivación de cable ya que en una NAP solo se puede realizar una derivación.
Diseño de la canalización.	-AutoCAD.	Para este paso, CNT brindó información sobre la canalización existente en el sector la cual puede ser usada para instalar el cable feeder hacia las mangas troncales de cada distrito, en los casos en que la canalización existente no es suficiente para llegar a estas mangas se proyectaron nuevos pozos o se utilizó los postes.

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 4 se detalla la metodología utilizada para el cumplimiento del primer objetivo.

**Tabla 4** Metodología para el cumplimiento del tercer objetivo

Objetivo: Evaluar la viabilidad del diseño mediante un análisis financiero.		
PASOS	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Cálculo de volúmenes de obra del proyecto.	-AutoCAD. -EXCEL.	El cálculo de los volúmenes de obra es el conteo de todos los elementos utilizados en la red, cada elemento posee un precio unitario y este precio se multiplica por el número de elementos para obtener el costo total del proyecto. Luego se elaboraron las láminas y los esquemáticos necesarios para la presentación y aprobación del proyecto por parte de la CNT.
Obtención y tabulación de precios de planes de servicios ofrecidos por CNT.	-Navegador Web. -EXCEL.	Esta información se la obtuvo de la página web oficial de la CNT, en donde se encuentra de manera pública los costos de todos los servicios que ofrece la empresa de manera individual y por paquetes.
Cálculo de ingresos, egresos e indicadores de rentabilidad (VAN y TIR)	-EXCEL	Los ingresos se calculan con la información obtenida en el paso anterior y los egresos se calculan tomando en cuenta todos los distintos tipos de gastos que la empresa tendrá para la implementación y mantenimiento del proyecto. Los indicadores de rentabilidad le permiten a la

		CNT medir la capacidad de obtener beneficios del proyecto una vez implementado.
--	--	---

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

## 2.2. Encuesta aplicada al sector

Para recolectar información del estado actual de los servicios de telecomunicaciones del sector se aplicó una encuesta a los usuarios, esta fue aprobada por la CNT, ANEXO 1. En la Tabla 5 se muestra la importancia de cada pregunta de la encuesta.

**Tabla 5** Importancia de preguntas de la encuesta

PREGUNTA	IMPORTANCIA
Pregunta 1	Con esta pregunta se puede identificar el tipo de predio que va a ser considerado en el diseño, los predios que están vacíos o en construcción se los considera como demanda futura.
Pregunta 2	Esta pregunta ayuda a determinar si en ese predio se requiere un mayor o menor ancho de banda contratado.
Pregunta 3	Por lo general un estudiante ocupa más servicios en especial el internet, con esta pregunta se determina en que sectores el servicio de internet es más utilizado.
Pregunta 4	Se determina los servicios que el abonado tiene contratados ya sean de la CNT o de otras empresas y puede ser servicios en paquetes o de manera individual.
Pregunta 5	Se tiene conocimiento del costo que paga cada usuario por los servicios contratados.
Pregunta 6	Esta pregunta sirve para obtener los datos que se ingresaran en el diseño de la ODN del sector.
Pregunta 7	Esta pregunta sirve para poder determinar un aproximado de la demanda futura que se tendrá por alguno de los servicios.
Pregunta 8	Esta pregunta se aplicó solo a los usuarios que tenían servicios contratados de manera individual con la CNT o con otras empresas y ayuda a determinar si en el sector son requeridos todos los servicios ofrecidos o si los usuarios preferían tener solo el servicio por el que pagan.
Pregunta 9	Esta pregunta se realizó solo a los predios que poseían locales comerciales como tiendas, distribuidoras o

	talleres, sirve para determinar si los dueños de este tipo de predios requerían o no de algún servicio.
Pregunta 10	Estas preguntas se aplicaron a todas las personas entrevistadas con el fin de saber la aceptación que tendría el proyecto el sector.
Pregunta 11	

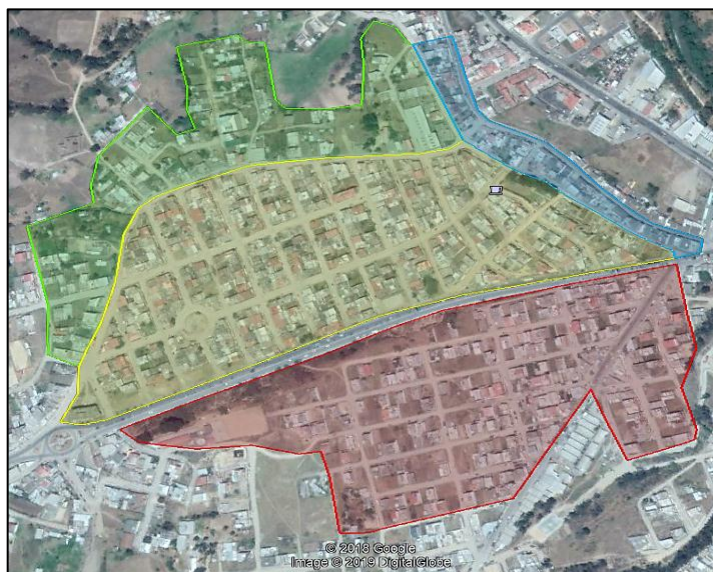
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

## 2.3. Demanda de los servicios de telecomunicaciones del sector

### 2.3.1. Definición del área de cobertura.

La zona de cobertura está ubicada al norte de la ciudad de Loja, tiene un área total de 0.42 km<sup>2</sup> y se ha definido que el diseño cubrirá varios barrios ubicados en el sector como se muestra en la Figura 38, los barrios que se beneficiarían de la red GPON son:

- Pitas I en color amarillo con un área de 0.16 km<sup>2</sup>.
- Pitas II en color rojo con un área de 0.14 km<sup>2</sup>.
- Esmeralda Norte en color azul con un área de 0.02 km<sup>2</sup>.
- Consacola Bajo en color verde con un área de 0.1 km<sup>2</sup>.



**Figura 38** Zona de cobertura de la ODN

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

La mayor cantidad de población del sector está distribuida en el barrio Pitas I, debido a que hay una mayor cantidad de servicios contratados a la CNT o a otras empresas, los demás barrios por el contrario tienen una mayor cantidad de terrenos baldíos lo que representa una mayor cantidad de demanda futura. La zona cuenta con una alta actividad comercial debido a que hay dos mercados, el mercado Gran Colombia y el mercado del Pequeño Productor Pitas II, además de locales comerciales distribuidos por el sector.



### **2.3.2. Estudio de la demanda.**

Como se explica en la sección 2.1, para realizar el estudio de la demanda actual y futura de los servicios de telecomunicaciones en el sector, se hicieron entrevistas con cada uno de los usuarios que viven en cada predio.

Las encuestas a los abonados permitieron conocer varios datos como la empresa que tiene la mayor cantidad de usuarios, los servicios que cada abonado tiene contratados ya sea individual o en paquetes, las características de los predios del sector, entre otros. Con estos datos se pudo tabular y clasificar la información para definir los servicios que se ofrecen actualmente y la demanda potencial.

Para facilitar la tabulación de las encuestas, a cada una se le asignó como código el número de medidor que posee la vivienda o negocio del abonado al que se le realizó la encuesta, y al lote en donde está la vivienda o negocio se le asignó un código basado en el plano catastral del sector (número de manzana y número de lote).

En la Tabla 6, se presentan los resultados obtenidos a través de las encuestas aplicadas, se debe considerar que el número de abonados supera a la cantidad total de lotes debido a que en algunos predios vive más de un usuario como es el caso de edificios.

**Tabla 6** Resultados de las encuestas aplicadas

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En el sector hay un total de 1117 predios que constan en el catastro del municipio, de los cuales 384 corresponden a lotes que están vacíos o con una construcción en proceso, estos lotes son tomados en cuenta para el cálculo de la demanda potencial del sector. En los restantes 733 lotes se encuentran distribuidos los 1325 abonados a los que se les aplicó la encuesta y estos son los predios válidos que se toman en cuenta al momento de hacer el análisis de los resultados.

#### **2.3.2.1. Demanda actual.**

La demanda actual está conformada por todos los habitantes que posean uno o más servicios de telecomunicaciones contratados con la CNT o con cualquier otra empresa. En la

Tabla 7, se presentan los resultados del total de usuarios que poseen los servicios tanto de telefonía fija, internet y televisión.

**Tabla 7** Total de usuarios por cada servicio

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

De los datos obtenidos se puede observar que en el sector el servicio con una mayor cantidad de usuarios es el de telefonía fija, seguido por el internet, y al final el servicio de televisión.

En la Tabla 8, se presenta como es la distribución del total de los usuarios que poseen únicamente el servicio de telefonía fija mediante red de cobre, este servicio no lo brinda únicamente la CNT, hay más empresas que también brindan este servicio.

**Tabla 8** Servicio existente de telefonía fija

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 9, se presenta la distribución total de los usuarios que poseen únicamente el servicio de Internet, como se puede observar a parte de CNT, existen tres empresas que dan el servicio de Internet, las cuales son TVCable, Klix y Netplus.

**Tabla 9** Servicio existente de internet

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 10, se presenta como es la distribución del total de los usuarios que poseen únicamente el servicio de televisión pagada.

**Tabla 10** Servicio existente de televisión pagada

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 11, se presenta como es la distribución total de los usuarios que poseen contratados paquetes tanto de dos como de tres servicios, este tipo de paquetes lo brindan varias operadoras incluida CNT.

**Tabla 11** Servicios existentes en paquetes

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

#### **2.3.2.2. Demanda proyectada.**

Una vez definida la demanda actual de los servicios de telecomunicaciones, se determinó la demanda proyectada. Para esta demanda, se tomó en cuenta todos los nuevos clientes que tenían el deseo de contratar un servicio cuando esta red esté completamente terminada.

Aquí están incluidos los usuarios que tienen servicios contratados en otras empresas, pero eligieron a CNT como su proveedor, así como los usuarios que no contaban con un determinado servicio en la actualidad.

Para el cálculo de esta demanda se tomaron en cuenta los lotes en construcción y algunos lotes vacíos cuyos propietarios expresaron que empezarían una construcción en dicho lote. En la Tabla 12 se puede observar de manera detallada los resultados de esta demanda.

**Tabla 12** Demanda Proyectada

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Figura 39, se presentan los resultados de la demanda proyectada en un gráfico que indica los porcentajes que tiene cada servicio o paquete de servicios del total de abonados proyectados. La mayoría de los usuarios prefiere contratar la televisión como único servicio de telecomunicaciones, representando este el 41% del total de abonados proyectado. El internet representa el 25% del total, y los servicios en paquetes representan una menor cantidad de abonados proyectados

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Figura 39** Demanda proyectada

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

### **2.3.3. Crecimiento de la población.**

El período de vida útil para el cual está diseñada la red está determinado por varios factores entre los cuales están (Alember, 2004):

- Tiempo de vida útil de los elementos de la red
- Duración probable de las instalaciones civiles
- Inversión requerida para la ejecución

- Población futura a la que se dará servicio

Para disminuir los riesgos de un posible error en la estimación del crecimiento poblacional y la probabilidad de que la capacidad de la red sea superada rápidamente en un poco tiempo, se ha elegido el periodo de vida útil del diseño de 10 años a partir del año en que la red empiece a dar servicio.

Para el cálculo del crecimiento de la población se ha usado un método geométrico en el cual se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de la misma y los valores obtenidos son conservadores debido a que se asume un crecimiento rápido en los próximos años (Alember, 2004). Con la siguiente ecuación se calcula la población futura a través del método geométrico:

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

Donde:

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

$D_o$ : Demanda actual

$i$ : Porcentaje de crecimiento dado por (INEC, 2010)

$t$ : Tiempo

Reemplazando las variables en (1) con los siguientes datos se obtiene:

$$D_o = 1325$$

$$i = 1.1\%$$

$$t = 10 \text{ años}$$

$$D(t) = 1325(1 + 1.1\%)^{10}$$

$$D(t) = 1478.18 \cong 1478 \text{ habitantes}$$

### **CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA GPON**

### 3.1. Normativa técnica de diseño de ODN de CNT

Los criterios de esta normativa tienen la finalidad de establecer una normativa de referencia para el diseño previo a la implementación de una red de acceso con fibra óptica con tecnología GPON (Gigabit capable Passive Optical Network).

Los objetivos de esta normativa son:

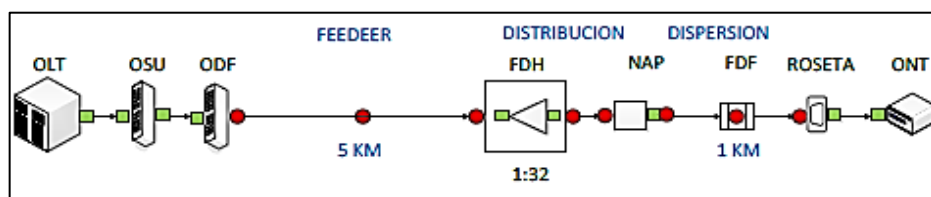
- Definir la arquitectura y conceptos de GPON.
- Informar acerca de los beneficios y las restricciones que tiene el despliegue de redes GPON.
- Entregar los lineamientos dentro de los cuales se asegure un funcionamiento correcto de los servicios en la ODN.

#### 3.1.1. Generalidades de la ODN.

La ODN es el conjunto de elementos pasivos que comunican un equipo terminal con la central, la red parte desde el domicilio del usuario, recorre las redes de dispersión, distribución y feeder que se colocan de forma aérea o soterrada. El presupuesto óptico que debe garantizarse desde el equipo activo OLT hasta la ONT del cliente es de 25 dB. Su alcance es de 20 km (CNT E.P., 2014c).

#### 3.1.2. Modelos Masivo/Casas.

La CNT posee varios modelos para el diseño de ODN, para este proyecto se ha tomado el modelo masivo/casas para más de 96 clientes tiene un presupuesto óptico de 24.90 dB. Como se puede ver en la Figura 40 tiene en total nueve conectores, ocho fusiones y un splitter 1:32, la longitud del cable de fibra óptica es de 6 km. El splitter puede ser fusionado teniendo en total siete conectores y ocho fusiones, en este caso el presupuesto óptico es de 24.60 dB.



**Figura 40** Modelo masivo/casas para más de 96 clientes

Fuente: (CNT E.P., 2014c)

Elaboración: (CNT E.P., 2014c)

#### 3.1.3. Procedimiento de diseño georreferenciado para redes FTTH.

Para el diseño de una red FTTH con tecnología GPON, se debe seguir la siguiente secuencia (CNT E.P., 2014c):

- Definir la ubicación de la demanda georreferenciada para este tipo de red de acceso.

- Recopilar la planimetría georreferenciada del área de cobertura en donde va a ser desarrollado el diseño.
- Coordinación con los GAD en lo que se refiere a ordenanzas locales sobre el uso de los espacios públicos tanto aéreos como el soterramiento de los cables.
- Coordinación con la empresa eléctrica zonal para el uso de su infraestructura existente.
- Establecer la ubicación de la OLT.
- Censo y levantamiento de la información georeferencial.
- Diseño de red de dispersión.
- Diseño de red de distribución.
- Diseño de red feeder.
- Diseño de obra civil, canalización y pozos.
- Planos de la obra.
- Memoria técnica y volúmenes de obra.

### **3.2. Normativa técnica de dibujo de CNT**

Los objetivos que se pretende cumplir con esta norma técnica de dibujo, es el disponer de una fuente de consulta para los proyectistas en lo que se refiere a dibujos de planta externa. Estas normas técnicas tienen puntos de vista generales que son completados con hechos demostrados mediante la experiencia práctica. Como requisito es necesario que el proyectista sepa dibujo técnico, manejo de software CAD y conocimientos de georreferenciación (CNT E.P., 2012c).

#### **3.2.1. Instrucciones para la elaboración del dibujo de planta externa.**

Estas recomendaciones sirven para colocar toda la infraestructura física que la CNT dispone de manera que sea fácilmente ubicable dentro del espacio georreferenciado para que sea fácil migrar al sistema GIS CNT EP que la empresa posee. Utilizar un solo formato de presentación de proyectos, tiene como objetivo visualizar esta información y usarla para varios fines.

##### **3.2.1.1. Levantamiento de información georreferenciada.**

Se debe partir de la información existente georreferenciada como las planimetrías, planos de lotizaciones, vías quebradas y otra información que las empresas, instituciones o municipios ponen a disposición para el levantamiento de información.

La información se debe colocar en diferentes capas del archivo de dibujo, pero deben ser ejecutadas en el espacio modelo de este. Se debe tener la capa de levantamiento de puntos georreferenciados para el caso en que no esté disponible información y se deba elaborar el archivo desde la planimetría (CNT E.P., 2012c).



### 3.2.1.2. Capas bases.

Con la información ya recopilada, en el archivo CAD se crean las capas detalladas en el Anexo 10 que sirven de capas bases del proyecto.

### 3.2.1.3. Capas de infraestructura de red

Para la realización del proyecto se deberán crear las capas detalladas en el Anexo 10, además de las capas bases.

## 3.3. Consideraciones generales

En el diseño de la red se utilizará dos niveles de splitters, el primer nivel desde la manga porta splitter hasta los splitter en cada una de las NAP, y el segundo nivel desde la NAP hasta cada uno de los clientes. Los splitters son 1:8 ya que se considera suficiente para cubrir cada una de las zonas de dispersión.

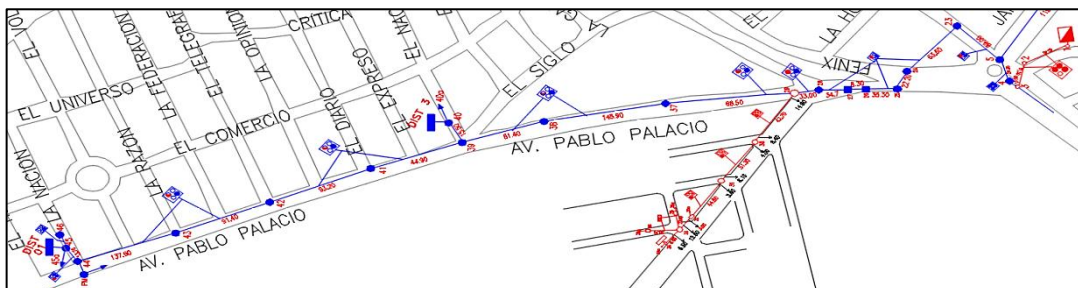
Para la red se usa una topología tipo árbol que es recomendada para el diseño de redes GPON y permite ofrecer escalabilidad al diseño. Mediante el uso de esta topología se puede seguir añadiendo usuarios a la red en el futuro.

El tendido de cable se realizará de manera mixta, es decir, en algunas partes del diseño se optará por tender el cable de forma aérea y en otras se lo hará mediante canalización. Para el tendido aéreo se considera que los cables no deben cruzar avenidas principales y debe ir de forma subterránea debido a que estas son vías muy transitadas.

Según (CNT E.P., 2014c) los cables de fibra óptica que se van a utilizar en la red feeder y distribución deben cumplir la norma ITU-T G.652D con capacidades de 12 a 288 hilos para feeder y distribución, los cables para la red de dispersión deben cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o ITU-T G.657.A2 de dos hilos.

## 3.4. Infraestructura existente

Como se muestra en la Figura 41 existe canalización ya construida por la CNT que va desde el nodo La Paz y recorre toda la avenida Pablo Palacios hasta llegar a la calle La Nación y un pequeño tramo que recorre la calle Dr. Arturo Armijos Ayala.



**Figura 41** Canalización existente en el sector

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

Los postes distribuidos en la zona son de propiedad de la EERSSA y están en óptimas condiciones para ser utilizados en el diseño de la red. Actualmente estos postes se utilizan para sostener el alumbrado público del sector, la red eléctrica de la EERSSA y la red de dispersión de cobre de la CNT.

Como se puede observar en la Figura 42, en el sector existen zonas en donde los postes sostienen un número considerable de cables de cobre por lo que es necesario proyectar nuevos postes para que sostengan los cables de la red y en otras zonas los postes sostienen pocos cables de cobre principalmente en las avenidas y zonas poco pobladas.



**Figura 42** Postes del sector  
**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

### 3.5. Diseño de ODN

Una vez obtenido el plano georreferenciado del municipio de la ciudad con las correcciones necesarias y con toda la infraestructura existente colocada en él, se procede a realizar el diseño de la red.

#### 3.5.1. Diseño de la red de dispersión.

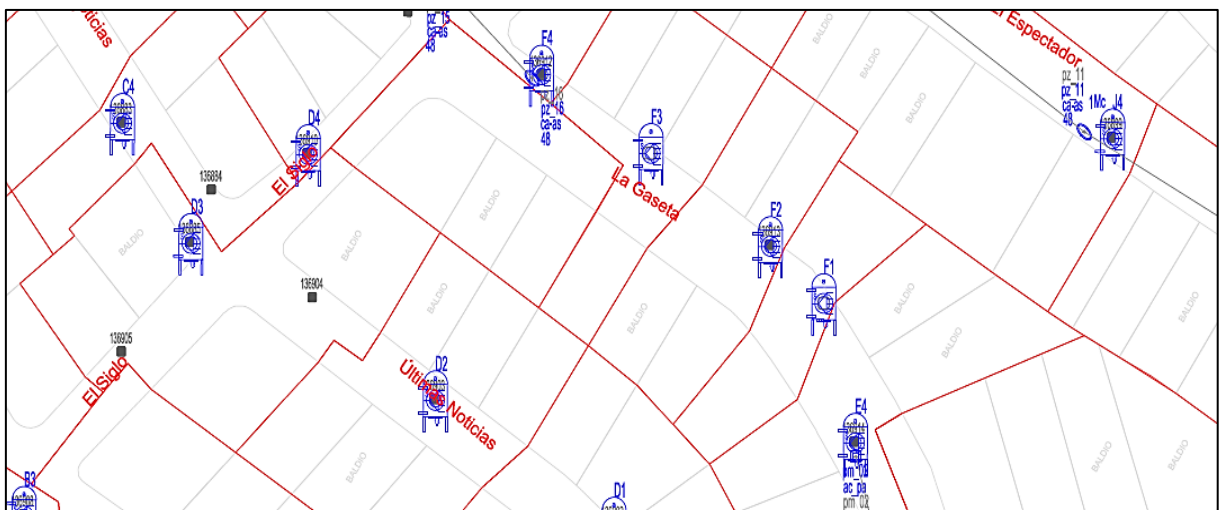
En (CNT E.P., 2014c) se define a la red de dispersión como el área a la que dará servicio una caja de distribución que puede ser una NAP, FDF o una manga. Cada una de las áreas de dispersión está conformada por un poste existente o proyectado en el que se coloca la NAP, el cable drop o cable de distribución y las ONT en la casa de los abonados.

Para el diseño de esta red se han tomado las siguientes consideraciones:

- La demanda existente que se tomará en cuenta para el diseño debe estar colocada en el plano catastral georreferenciado, ya que esta demanda es la que ayudará a conformar las diferentes áreas de dispersión.
- Para definir el área de influencia que tendrá una NAP según la normativa (CNT E.P., 2014c) se debe considerar que la ocupación será del 80% y el 20% restante será

destinado a reserva para la ampliación de la red en el futuro, como se observa en la Figura 43.

- La red de dispersión no debe sobrepasar los 300 m de distancia.
- Tomando en cuenta la demanda existente se debe dibujar en el archivo CAD los perímetros de cada una de las áreas de dispersión que son definidas por la NAP y luego ubicar este elemento en muro, poste o pozo.
- En caso de una vía con alto tráfico no se debe cruzar con cables de acometida aéreos, en este caso la NAP va ubicada al otro lado de la vía.
- La simbología utilizada para el diseño de esta red es otorgada por la CNT y está de acuerdo con las normas de dibujo de la empresa. Los símbolos empleados se deben ingresar en el archivo CAD.



**Figura 43** Ejemplo de diseño de la red de dispersión

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En el diseño, no se toma en cuenta la fibra drop que termina en la ONT y empieza en la NAP, ya que cuando la red esté implementada esto se instalará de acuerdo con los requisitos de los abonados y los servicios que desee contratar.

En el sector hay un total de 1325 abonados que han sido tomados en cuenta para el diseño de la red de dispersión, algunas zonas del sector están más densamente pobladas que otras por lo que el tamaño de las áreas de dispersión varía de acuerdo con este factor. En total hay 226 áreas de dispersión en todo el sector, es decir, hay 226 NAP. En el ANEXO 2 se encuentra el resultado final del diseño de la red de dispersión.

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

La red de distribución se origina en la manga porta splitters y termina en cada una de las NAPs de las áreas de dispersión. Cada una de las mangas porta splitters utilizadas en la red

están colocadas en el centro de cada distrito o cerca de este, esta ubicación facilita el tendido aéreo de los cables de distribución.

Para realizar la agrupación del área que va a cubrir cada manga porta splitter se han considerado varios aspectos:

- Tráfico vehicular, especialmente en avenidas y calles muy transitadas.
- Canalización existente.
- Posterío existente.
- Inspección previa del sector en donde se va a colocar la maga para determinar si es un sector apto.

De acuerdo con los aspectos mencionados anteriormente se determinaron un total de seis áreas o distritos, es decir, se van a utilizar en total seis mangas porta splitter. En la Tabla 13, se detalla la cantidad de áreas de dispersión que tiene cada distrito

**Tabla 13** Áreas de dispersión que conforman cada distrito

<b>DISTRITO</b>	<b>ÁREAS DE DISPERSIÓN</b>
Distrito 1	42
Distrito 2	24
Distrito 3	35
Distrito 4	42
Distrito 5	46
Distrito 6	37
<b>TOTAL</b>	<b>226</b>

**Fuente:** Elaboración propia

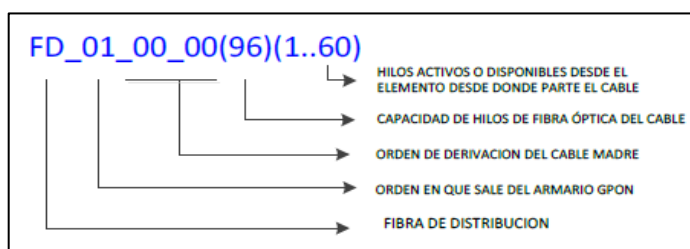
**Elaboración:** Elaboración propia

En las zonas más pobladas hay distritos muy pequeños y cerca de estos distritos no existen postes disponibles para colocar la NAP, para solucionar este problema se ha seleccionado un poste cercano, aunque esté en otra zona de dispersión en el que no se ha colocado una NAP, en el caso que no existan postes disponibles la solución es proyectar uno nuevo ya que se recomienda que en cada poste solo exista una NAP.

En la red de distribución, las NAPs son enumeradas de manera alfanumérica, se toma en cuenta a la NAP más alejada de la manga porta splitter como la primera NAP del distrito siendo esta NAP la primera para la numeración. La numeración es realizada de la siguiente forma: A1...A4, B1...B4, C1...C4 y así en grupos de cuatro hasta llegar a la NAP más cercana.

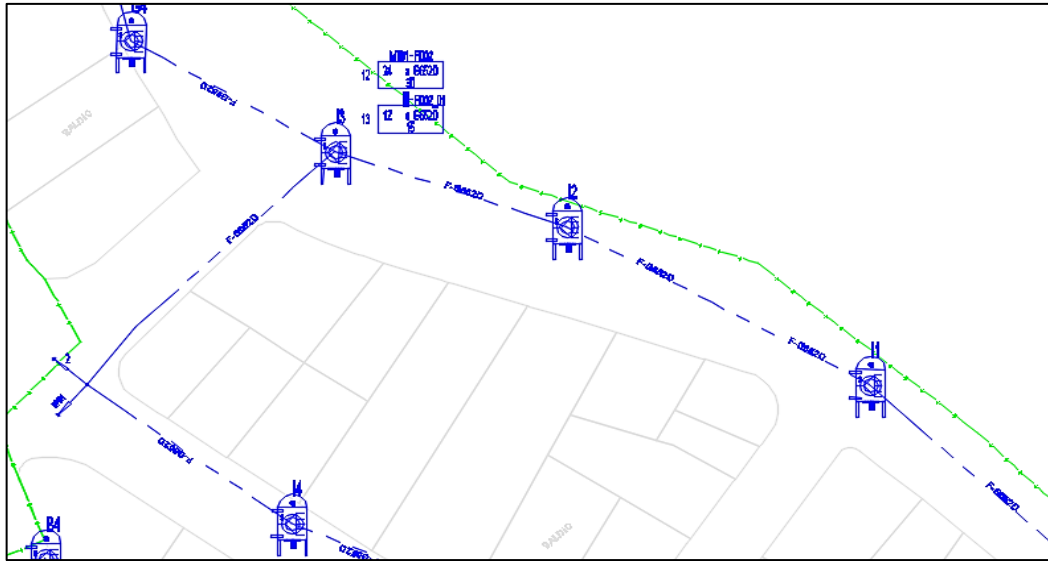
Para el cableado de distribución que va a conectar las cajas ópticas, se utilizan cables de 12, 24, 48, 72 o 96 hilos de fibra óptica, el cable se conecta en la NAP más lejana y a partir de este punto se empieza el desplazamiento formando una ruta hasta llegar a la manga porta splitter, en la Figura 44 se observa cómo se realiza la nomenclatura de los cables de distribución. Para formar esta ruta se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Canalización y posterío existente.
- El tendido de cables no debe cruzar vías principales.
- El tendido no debe cruzar edificaciones o terrenos.



**Figura 44** Nomenclatura de cables de distribución  
**Fuente:** (CNT E.P., 2014c)  
**Elaboración:** (CNT E.P., 2014c)

Para las NAPs a las que no se puede llegar con la ruta principal de un cable de distribución se opta por realizar una derivación del cable, esta derivación se realiza en la misma NAP. En caso de que se requiera una sola derivación en ese punto o en el caso de que se requieran dos o más derivaciones se utiliza una manga de derivación que permite realizar hasta 3 derivaciones en un mismo punto. En los puntos en donde se realiza derivaciones se deja una reserva de fibra óptica de 30 m por sangrado del cable de distribución y de 15 m por punta del cable de derivación para realizar trabajos de mantenimiento. Según (CNT E.P., 2014c) se recomienda en lo posible evitar estas derivaciones debido a que es un punto de falla. En la Figura 45 se puede observar que realiza una derivación en la NAP I3.



**Figura 45** Ejemplo de diseño de la red de distribución

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En cada distrito se utiliza más de un cable de distribución, la razón de esto es que al existir más cables de distribución, las rutas que recorren son más cortas y es más fácil realizar el tendido aéreo del cable. Además en caso de que uno de los cables de distribución sufra daño los demás cables van a seguir dando el servicio a los abonados.

En cada poste por donde pasa la ruta del cable de distribución se colocan herrajes de suspensión o herrajes terminales para poder sostener el cable. La distancia entre cada poste no debe superar los 100 m, en caso de que se supere esta distancia se debe proyectar un poste. Las NAPs no deben ser colocadas en postes donde existan transformadores eléctricos, en este caso se debe proyectar un nuevo poste. En el ANEXO 3 se detalla el plano del diseño de esta red

### 3.5.3. Diseño de la red feeder.

La red feeder contempla la conexión entre la mini OLT con las mangas porta splitter de los distritos. Previo al diseño de la red feeder se identifican las rutas de canalización existentes en el sector y la proyección de canalización en tramos donde no exista canalización para el paso del cable feeder. En la Tabla 14, se detalla la cantidad de splitters que tiene la manga porta splitters de cada distrito.

**Tabla 14** Cantidad de splitters en cada distrito

DISTRITO	CANTIDAD DE SPLITTERS
Distrito 1	6
Distrito 2	5
Distrito 3	5

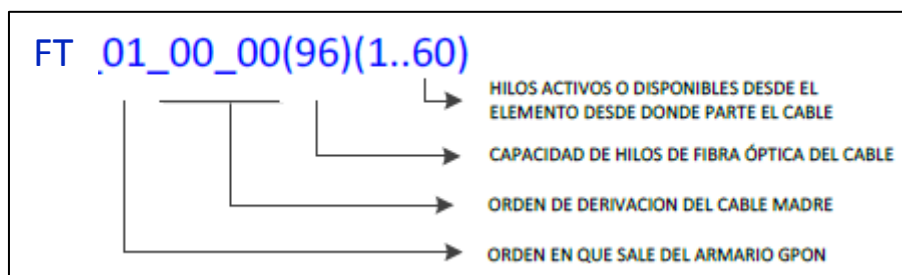
Distrito 4	6
Distrito 5	7
Distrito 6	6
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

La capacidad del cable será de 48 hilos quedando 13 hilos de reserva para ampliación de la red en el futuro, es un cable estandarizado bajo la norma ITU-T G.652D.

La instalación del cable se realizó de forma aérea y soterrada, debido a que el presupuesto final sería menor debido a que se reduce la cantidad de pozos y canalización que se debe construir, también se utiliza los postes ya existentes en el sector para tender el cable hasta las mangas porta splitter en el centro de los distritos.

Para esta red se consideró el uso de un solo cable feeder que parte desde la mini OLT y termina en la manga porta splitter del distrito seis, debido a que el cable principal del feeder no llega a los centros de todos los distritos se realizaron empalmes de fibra óptica para derivar el cable, en total se realizaron tres derivaciones del feeder, estos empalmes se realizaron en mangas de empalme subterráneas ubicadas en pozos de la canalización existente. En los puntos en donde se realizan empalmes, los cables de las derivaciones se llevan de forma aérea hasta las mangas de los distritos. La capacidad de los cables que son derivados del cable principal está en función a la cantidad de hilos que se van a fusionar en la manga porta splitter y no necesariamente es de la misma capacidad del cable principal.



**Figura 46** Nomenclatura de cables de feeder  
**Fuente:** (CNT E.P., 2014c)  
**Elaboración:** (CNT E.P., 2014c)

En la Figura 46, se presenta la nomenclatura del cable feeder según la norma técnica de diseño de la CNT, los cables se identifican con cinco campos, en el primero se ubica el orden con el que sale de la OLT, el segundo y tercer campo corresponden a la derivación del cable, el cuarto campo es la capacidad del cable y el quinto son los hilos activos. La identificación de las mangas porta splitter se realiza desde la más cercana siendo esta la primera, hasta la más lejana siendo esta la última.

Al igual que en la red de distribución, en los puntos en donde se realizan derivaciones de cable se dejan reservas de fibra óptica que sirven para trabajos de mantenimiento, las reservas de 30 m corresponden a sangrados de cable y las reservas de 15 m son por punta de cable, en el caso de la red feeder se deja una reserva de 30 m cada 300 m de cable, estas reservas van ubicadas en pozos y también sirven para realizar trabajos de mantenimiento. En el ANEXO 4 se encuentra el resultado final de la red troncal o red feeder.

#### **3.5.4. Diseño de la canalización.**

La canalización corresponde al conjunto de elementos que forman la infraestructura civil que va ubicada bajo la superficie y permite alojar y proteger cables y otros elementos pasivos que forman parte de la red GPON. Está formada por dos elementos: la ductería o canalización y los pozos de revisión.

El diseño de la canalización para la ODN se ha realizado en las siguientes etapas:

- Etapa 1: En esta etapa se realiza el levantamiento georreferenciado de la canalización existente en el sector, se debe incluir las subidas a postes y la cantidad de ductos que están desocupados o disponibles. La canalización existente es de cuatro vías más triducto en canalización.
- Etapa 2: Para esta etapa se realiza la proyección de canalización óptima para poder llegar a las mangas porta splitter en el centro de los distritos, según la normativa en calles principales se debe proyectar cuatro vías más dos triductos, en calles secundarias dos vías más dos triductos y para pozos de mano dos vías más un triducto. Los pozos de revisión proyectados son de 48 bloques y de 80 bloques para los pozos en donde se colocan las mangas porta splitter.
- Etapa 3: Es la proyección de las subidas a poste, se realiza de tal forma que se facilite determinar la ruta del cable que va hasta la manga porta splitter y también el acceso de la red de distribución. En algunos casos se realiza desde el pozo de revisión hasta el poste y en otros se proyecta un pozo de mano cerca del poste.

Para la construcción de la canalización se debe tomar en cuenta las condiciones topográficas del sector y los tramos en donde se va a construir la canalización que contienen instalaciones de otros servicios como agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, etc. Por lo que se debe consultar los planos de estas instalaciones para evitar construir cerca o en el caso que no sea posible evitar estas instalaciones dejar una distancia mínima de 50 cm entre la zanja de la canalización y la red de servicios más próxima.



Para las vías ubicadas en calzada, estas deben ser ubicadas de tal forma que se garantice la circulación de los vehículos durante la construcción, al momento de utilizar la canalización en la instalación de cables y cuando se requiera de mantenimiento. En el caso de las vías ubicadas en aceras, estas se ubican en el centro de la acera y si el ancho de la acera no permite su construcción debe ser ubicada en calzada. En el ANEXO 5 se encuentra el resultado final de la canalización.

### **3.5.5. Esquemáticos de empalmes.**

Los esquemáticos de empalmes son planos que permiten visualizar de forma rápida la distribución de los cables de fibra óptica incluidas sus derivaciones que se conectan con los elementos de la ODN. Se realiza un esquemático para la red feeder y para la red de distribución en el que se indica la capacidad de los cables, las NAPs conectadas en las rutas de los cables de distribución y las mangas porta splitter.

En estos diagramas no se incluye la planimetría del sector ni la distancia de los cables, tampoco están georreferenciados. En el ANEXO 6 se detallan los esquemáticos de la red feeder y de la red de distribución de cada distrito del sector.

### **3.6. Cálculo de atenuación**

Con el diseño terminado, las longitudes de los cables ya definidas y las derivaciones que se van a realizar en cada cable, se puede realizar el cálculo de la atenuación de tal forma que se compruebe que el diseño de la ODN para el sector de Las Pitas cubre con los requerimientos de la demanda.

Para realizar este cálculo primero se define cuál será el abonado más lejano a la mini OLT colocada en el sector, esto se realiza de la siguiente forma:

- Primeramente, en los planos se determina cuál es la manga porta splitter más alejada de la mini OLT y que posea mayor cantidad de empalmes en su trayecto, éste será el tramo más largo de la red feeder y tendrá mayor atenuación. En la red diseñada la manga más alejada es la del distrito seis, la distancia es de 1270 metros con tres empalmes en su trayecto.
- Se define que tramo de la red de distribución que sale de la manga del distrito seis es de mayor longitud. En este caso el tramo más largo es el de la NAP A1 que tiene una longitud de 723.5 metros.
- El trayecto sobre el que se realizará el cálculo de la atenuación es el que sale de la mini OLT hasta la manga MT\_06 en el distrito seis, y desde este punto hasta la NAP A1. La longitud final para el trayecto será de 1993.5 metros.

El cálculo también se realizará para el trayecto que posea la menor atenuación en la red por lo que se utiliza el mismo procedimiento usado para determinar el trayecto más alejado:

- La manga más cercana a la mini OLT es la del distrito uno y no posee ningún empalme en su trayecto. La distancia de este tramo de la red feeder es de 119.7 metros.
- El tramo de la red de distribución que sale de la manga MT\_01 que posee menor distancia es el de la NAP J3 que tiene una distancia de 173.6 metros.
- El trayecto sobre el que se realizará el cálculo de la atenuación es el que sale de la mini OLT hasta la manga MT\_01 en el distrito uno, y desde este punto hasta la NAP J3. La longitud final para el trayecto será de 293.3 metros.

### **3.6.1. Factores que aumentan la atenuación.**

Según la figura 40 el modelo de ODN masivo/casas para más de 96 clientes que se indica en la normativa de la CNT, en el trayecto en el que se va a realizar el cálculo de la atenuación se tienen los siguientes elementos que añaden atenuación al balance óptico:

- Dos patchcord de dos metros de longitud
- Empalme por fusión
- Conectores
- Pigtail de un metro de longitud
- Fusión del cable de fibra óptica con los elementos de la red

A la longitud total del tramo más alejado se le suman 5 m más de cable (cuatro metros por los patchcord y un metro por el Pigtail) por lo que la longitud total será de 1998.5 m. De igual forma se le suma 5 m a la longitud del tramo más corto por lo que la longitud final será de 298.3 m.

### **3.6.2. Balance óptico de la red.**

El balance óptico ayuda a determinar la atenuación que tiene la señal entre el equipo de la central y el equipo del abonado, es decir, permite saber si los equipos soportan la potencia del sistema. Para calcular el balance óptico se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_r = P_{Tx} - a_{Total} \quad (2)$$

Donde:

$P_r$ : Potencia recibida (dBm)

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

$a_{Total}$ : Atenuación total (dB)

En la Tabla 15 se detallan los umbrales máximos y mínimos para el cálculo del balance óptico entre los equipos activos de la red. Estos valores son los considerados por la CNT en sus normativas y también están considerados en la norma ITU-T G-984.2

**Tabla 15** Umbrales de potencia para ONT Y OLT

DESCRIPCIÓN	ONT	OLT
Potencia mínima de emisión	0.5 dBm	1.5 dBm
Potencia máxima de emisión	5 dBm	5 dBm
Potencia mínima de recepción	-27 dBm	-28 dBm
Potencia máxima de recepción	-8 dBm	-8 dBm

**Fuente:** (CNT E.P., 2014c)

**Elaboración:** Elaboración propia

La Tabla 16 presenta los factores que añaden atenuación a la red con su respectivo valor de atenuación

**Tabla 16** Atenuación de los factores que provocan pérdidas en la red

DESCRIPCIÓN	ATENUACIÓN
Empalme por fusión	0.1 dB
Conectores	0.5 dB
Splitter 1:8	10.5 dB
Cable de fibra óptica	0.35 dB/Km

**Fuente:** (CNT E.P., 2014c)

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 17 se encuentra el cálculo de la atenuación total para el usuario más lejano y en la Tabla 18 se detalla la atenuación del usuario más cercano.

**Tabla 17** Atenuación total para el usuario más lejano

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

**Tabla 18** Atenuación total para el usuario más cercano

<b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b>
---

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

Después de calcular la atenuación del usuario más lejano y más cercano, se calcula la potencia que va a recibir cada uno reemplazando en (2) de la siguiente forma, para el usuario más cercano se tiene:

$$P_r = P_{Tx} - a_{Total}$$

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 22.5 \text{ dB}$$

$$P_r = -17.5 \text{ dBm}$$

Para el usuario más lejano se tiene:

$$P_r = P_{Tx} - a_{Total}$$

$$P_r = 5 \text{ dBm} - 23.1 \text{ dB}$$

$$P_r = -18.1 \text{ dBm}$$

Con los resultados obtenidos en el balance óptico, se puede determinar que se encuentran dentro de los límites de rango de sensibilidad del equipo receptor, además se tiene un margen de resguardo que se debe tener de acuerdo con la normativa de la CNT.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO**

#### 4.1. Inversión total del proyecto

Para comenzar a determinar el costo total que tendrá el proyecto primero se debe obtener la inversión total en la que se incluye todos los materiales requeridos para la construcción. Este costo total debe incluir los costos de la obra civil, de la red de dispersión, de distribución y feeder, incluyendo también la herrajería. El valor total es determinado en el volumen de obra, en el que cada rubro ya incluye el valor del suministro del elemento y de su instalación.

En los costos de la canalización se toma en cuenta la construcción de las vías, el suministro y colocación de la ductería, herrajes de pozos, tapones y mangueras que va en cada tramo así como la construcción de pozos de mano y pozos de revisión tanto de 48 como de 80 bloques.

En los costos referentes a fibra óptica se toma en cuenta el suministro e instalación de los elementos pasivos de la red que son necesarios para el diseño como las mangas de empalmes, NAPs, mangas porta splitter, conectores, herrajes para poste y cables de fibra óptica de capacidades entre 6 y 96 hilos.

Los costos de la red de dispersión no se toman en cuenta debido a que una vez implementada la red se suministra los equipos de acuerdo con la demanda del sector, por lo tanto, los costos de ONTs, rosetas ópticas y tendido del cable de la red de dispersión no son considerados en el proyecto. Los costos se resumen en la Tabla 19.

**Tabla 19** Costo total del proyecto

<p style="text-align: center;"><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

#### 4.2. Costos de planes de servicios prestados por la CNT

Para realizar el análisis financiero de manera correcta se debe tomar como referencia los costos reales actuales de los servicios que presta la CNT, por lo que se tomó en consideración los planes comerciales que presta a nivel nacional, estos planes varían de acuerdo con el tipo y a la cantidad de servicios que el abonado contrata.

Estos planes se pueden clasificar de la siguiente manera: un solo servicio o producto individual, doble pack o doble servicio y triple pack o triple play (tres servicios), cada uno de los planes cuenta con costos diferentes tanto de consumo como de instalación.

#### 4.2.1. Servicios individuales.

Se refieren al acceso de un solo servicio por parte de los abonados, estos servicios son los siguientes:

##### 4.2.1.1. Costo de servicio de telefonía fija en cobre y fibra óptica.

La CNT ofrece el plan de Telefonía Hogar que es el plan más básico de telefonía fija que se puede contratar, tiene el mismo costo tanto para redes de acceso en cobre como en fibra óptica. El plan posee una tarifa de inscripción que incluye la instalación de los equipos en la vivienda del abonado y una pensión mensual que es una tarifa fija más el consumo de cada mes.

El plan Telefonía Hogar GPON depende de la disponibilidad de infraestructura de la red de fibra óptica de la empresa. En la modalidad de cobre el usuario puede elegir si adquiere un modem VDSL el cual no tendrá costo y en caso de la modalidad GPON la instalación incluye una ONT que es propiedad de la empresa. Los precios de este plan se encuentran detallados en la Tabla 20.

**Tabla 20** Pensión básica mensual de telefonía fija en cobre y fibra óptica

Inscripción	Tarifa Mensual Básica	Modalidad de la Red	Cantidad de Minutos que se incluye
\$ 67.20 INCL IMP	\$6,944 INCL IMP	COBRE/GPON	150

Fuente: (CNT E.P., 2019e)

Elaboración: Elaboración propia

Fuera del plan básico las llamadas que se realicen tienen un costo adicional, en el caso de llamadas a CNT Móvil esta tarifa se cobra luego de que se han consumido los 150 minutos incluidos en el plan básico. Estas tarifas se detallan en la Tabla 21.

**Tabla 21** Tarifas de servicios que no se incluyen en el plan básico de telefonía fija

Tarifas fuera del plan							
Locales		Nacionales		Celulares			
CNT	Otras Operadoras	CNT	Otras Operadoras	CNT Móvil		Movistar	Claro
\$0,0112   NCL IMP	\$0,01904   NCL IMP	\$0,0224   NCL IMP	\$0,0448   NCL IMP	Cobre	GPON	\$0,1457   NCL IMP	\$0,1457   NCL IMP
				\$0,1344   NCL IMP	\$0,0448   NCL IMP		

Fuente: (CNT E.P., 2019e)

Elaboración: Elaboración propia

#### 4.2.1.2. Costo de servicio de internet fijo en cobre y fibra óptica.

El plan de internet fijo a través de red de acceso de cobre posee velocidades asimétricas e incluye el modem en el valor de la instalación, tiene una compartición 2:1 por lo que la velocidad depende de la cantidad de personas que estén navegando al mismo tiempo. En la Tabla 22, se detallan las tarifas de este plan.

**Tabla 22** Tarifas del plan Internet Fijo Cobre

Internet Fijo Cobre					
Plan	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Instalación
Plan 5 Mbps	\$ 20,90	\$ 23,41	5 Mbps	1 Mbps	\$ 60 + imp.
Plan 10 Mbps	\$ 24,90	\$ 27,89	10 Mbps	1 Mbps	\$ 60 + imp.
Plan 15 Mbps	\$ 29,90	\$ 33,49	15 Mbps	1 Mbps	\$ 60 + imp.

Fuente: (CNT E.P., 2019a)

Elaboración: Elaboración propia

El plan de internet por fibra óptica posee velocidades simétricas, e incluye el modem WIFI en el valor de inscripción, tiene una compartición 2:1. La instalación depende de la disponibilidad de infraestructura de fibra óptica. En la Tabla 23, se detallan las tarifas de este plan.

**Tabla 23** Tarifas del plan Fibra Óptica para hogares

Fibra óptica para hogares						
Plan	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Compartición	Inscripción
Plan 10 Mbps	\$ 24,90	\$ 27,89	10 Mbps	10 Mbps	2:1	\$ 80,00
Plan 20 Mbps	\$ 29,90	\$ 33,49	20 Mbps	20 Mbps	2:1	\$ 80,00
Plan 30 Mbps	\$ 36,00	\$ 40,32	30 Mbps	30 Mbps	2:1	\$ 80,00
Plan 50 Mbps	\$ 49,90	\$ 55,89	50 Mbps	50 Mbps	2:1	\$ 80,00
Plan 80 Mbps	\$ 80,00	\$ 89,60	80 Mbps	80 Mbps	2:1	\$ 80,00
Plan 100 Mbps	\$ 110,00	\$ 123,20	100 Mbps	100 Mbps	2:1	\$ 80,00

Fuente: (CNT E.P., 2019c)

Elaboración: Elaboración propia



#### 4.2.1.3. Costo de servicio de televisión satelital.

El servicio de televisión satelital se contrata por paquetes, cada paquete tiene una cantidad de canales disponibles y tiene un costo de instalación y a parte por cada decodificador extra instalado se cobra una tarifa extra mensual que se suma a la tarifa del paquete, los decodificadores que usa la CNT son decodificadores Zapper. Estos paquetes se ofrecen a nivel nacional excepto en Galápagos, las tarifas se detallan en la Tabla 24.

**Tabla 24** Tarifas de paquetes de televisión satelital

Paquetes	Incluye	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Tarifa por equipos extra	Instalación
Paquete SD	61 canales SD, 10 canales de audio, 8 señales promocionales SD, 2 señales promocionales HD.	\$ 20,50	\$ 26,40	\$ 7,00 + IMP por cada decodificador extra (3 max)	\$ 20,00 + IMP
Paquete HD	10 canales SD Nacionales, 51 canales SD Internacionales, 30 Canales HD, 10 señales de Audio.	\$ 28,50	\$ 36,71	\$ 7,00 + IMP por cada decodificador extra (3 max)	\$ 20,00 + IMP

Fuente: (CNT E.P., 2019d)

Elaboración: Elaboración propia

#### 4.2.2. Costo de servicios por paquetes.

La CNT permite a los usuarios armar los CNT PACK que son paquetes con los servicios de telefonía fija, internet fijo y televisión DTH, estos pueden ser DUO CNT PACK o TRIPLE CNT PACK, la tarifa de estos paquetes es el valor de la pensión mensual de los planes contratados más un descuento que es de 10% para paquetes de dos servicios y de 15% para paquetes de tres servicios. En la Tabla 25, se detallan los paquetes que se pueden armar con estos servicios y la tarifa más económica de cada uno, es decir, la tarifa que tendría el paquete si se eligen los planes más básicos para cada servicio.

**Tabla 25** Tarifas de CNT PACK

CNT PACK	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Tarifa con descuento
Internet + Telefonía	\$ 27,10	\$ 30,35	\$ 27,32
TV + Telefonía	\$ 26,70	\$ 33,35	\$ 30,02
TV + Internet	\$ 41,40	\$ 49,81	\$ 44,83
TRIPLE PACK	\$ 47,60	\$ 56,76	\$ 48,25

Fuente: (CNT E.P., 2019b)

Elaboración: Elaboración propia

### 4.3. Determinación de ingresos para la empresa

En base a las tarifas básicas de los servicios de telefonía fija, internet fijo y televisión se puede hacer el cálculo de los ingresos que le generará a la empresa, los usuarios dentro del sector en el que se realiza el diseño de la ODN. Este cálculo toma en cuenta todos los tipos de servicios incluidos los CNT PACK que son varios servicios por un único precio. Los costos de instalación no se toman en cuenta debido a que, para la empresa no genera ingresos, sino que representa una pérdida.

En la Tabla 26, se detalla los ingresos mensuales que la CNT obtiene por la demanda existente del sector, para obtener el ingreso anual se realiza la suma de los ingresos mensuales de cada servicio y paquetes de servicios, y se multiplica por 12 meses del año. Se toma en consideración las tarifas por servicios brindados a través de fibra óptica, ya que en el caso de internet fijo las tarifas son diferentes para modalidad de cobre y GPON.

**Tabla 26** Total de ingresos por abonados existentes

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 27, se detalla los ingresos mensuales que la CNT obtendría por los abonados proyectados del sector, para obtener el ingreso anual se realiza la suma de los ingresos mensuales de cada servicio y paquetes de servicios y se multiplica por 12 meses del año. La cantidad de abonados proyectados que se toma en cuenta son solo los que quieren contratar servicios que brinda la CNT.

**Tabla 27** Total de ingresos por abonados proyectados

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

Los ingresos totales que genera la pensión mensual de los servicios individuales, doble y triple pack de la red diseñada, son el resultado de la suma de ingresos mensuales de los abonados existentes con los ingresos mensuales de los abonados proyectados. En la Tabla 28, se detallan los ingresos totales que generaría la ODN.

**Tabla 28** Total de ingresos por abonados existentes y proyectados

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

**Tabla 29** Presupuesto de ventas

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 29, se detalla el presupuesto de ventas, para el crecimiento del volumen de ventas se destaca un crecimiento de 0.5% para el primer año y de 2% para el quinto año, para el crecimiento del precio de ventas se estima un crecimiento 0.1% cada año.

#### **4.4. Determinación de egresos para la empresa**

Para determinar los egresos de la empresa primero se calcula la inversión inicial requerida para poner en marcha el proyecto, aquí se incluye los activos diferidos que se detallan en la Tabla 30, y el costo de la instalación de la ODN que se determina en el volumen de obra del proyecto que esta detallado en el ANEXO 7.

**Tabla 30** Inversión inicial requerida para el proyecto

<b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b>
---

**Fuente:** Elaboración propia

**Elaboración:** Elaboración propia

Para determinar los costos se toma en cuenta el valor de instalación o de inscripción que tiene cada servicio, este valor se toma en cuenta en egresos y no en ingresos debido a que los usuarios existentes que cuentan con un servicio de CNT deben realizar la migración de red de cobre a red de fibra óptica y la empresa debe adquirir los equipos necesarios que se colocaran en la vivienda de los usuarios. En la Tabla 31, se detalla los valores de los costos que tendrán el proyecto y solo se toman en cuenta los abonados existentes que son los que realizaran la migración al momento que la red se ponga en operación. No se toma en cuenta el costo de instalación de TRIPLE CNT PACK debido a que desde el año 2018 la CNT no cobra valor de instalación a los usuarios que solicitan este paquete.

**Tabla 31** Costos por instalación de servicios

<b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b>
---

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

Los gastos de ventas son los que se incurren al realizar ventas de servicios a los abonados, aquí se incluyen la publicidad para dar a conocer los servicios y los planes que posee la empresa, los gastos de transporte de técnicos de mantenimiento y los gastos de mantenimiento. En la Tabla 32, se detallan los gastos de ventas que se consideraron.

**Tabla 32** Gastos de ventas

**No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la  
CNT E.P.**

**Fuente:** Elaboración propia  
**Elaboración:** Elaboración propia

Los gastos administrativos que son gastos que no se vinculan directamente con la instalación de la ODN diseñada pero que la empresa tiene, estos gastos no son gastos técnicos, sino, sirven para el correcto funcionamiento de la empresa. En la Tabla 33, se detallan los gastos administrativos que se toman en consideración en este proyecto.

**Tabla 33** Gastos administrativos

**No se puede mostrar debido a un convenio de  
confidencialidad con la CNT E.P.**

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)  
**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 34, se detalla el estado de pérdidas y ganancias del proyecto que sirve para determinar la utilidad neta que el proyecto generará a la empresa.

**Tabla 34** Balance de pérdidas y ganancias del proyecto

<b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b>	
---	--

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)

**Elaboración:** Elaboración propia

**Tabla 35** Flujo de caja del proyecto

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)

**Elaboración:** Elaboración propia

En la Tabla 35, se detalla el flujo de caja que presentará el proyecto hasta el año cinco, se puede observar que desde el año dos, el flujo de caja ya es positivo siendo \$117.713,19 el valor del flujo acumulado de ese año y en el año cinco es de \$643.112,77. En el año cero se presentarán egresos para la empresa y no existirá ninguna ganancia, debido a que se realiza la inversión inicial.



#### 4.5. Determinación del VAN y TIR

Con el flujo de caja ya calculado, se debe evaluar la viabilidad económico-financiera del proyecto elaborado. El valor actual neto (VAN) es el valor actual de los flujos de efectivo totales o flujos acumulados de un proyecto, se entiende por flujos operacionales a la diferencia entre los ingresos y egresos periódicos. Para la actualización de estos flujos se emplea una tasa de retorno que sirve para medir la rentabilidad mínima exigida que se puede permitir en el proyecto para recuperar la inversión inicial, cubrir todos los egresos y obtener utilidades (Mete, 2014). Se emplea la siguiente ecuación para su cálculo:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FA}{(1+i)^t} - I \quad (3)$$

Donde:

*VAN*= Valor Actual Neto

*FA*= Flujo acumulado

*n*= Número de períodos

*t*= Tiempo en años

*I*= Inversión inicial

*i*= Tasa de retorno

En la Tabla 36, se observa que el VAN es mayor a 0 por lo que es conveniente aceptar la inversión ya que genera más del rendimiento solicitado. La tasa de descuento utilizada es la tasa efectiva máxima para el segmento productivo corporativo que establece el Banco Central del Ecuador en un valor de 9,33% (Banco Central del Ecuador, 2019).

**Tabla 36** VAN para el proyecto

<p><b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b></p>
--

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)

**Elaboración:** Elaboración propia

La tasa interna de retorno es otro criterio usado para validar si un proyecto es o no rentable. Se puede definir como la tasa de descuento que iguala el valor actual de los ingresos con el valor actual de los egresos, es decir, es la tasa de retorno usada para que el VAN sea igual a cero (Mete, 2014). Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=1}^n \frac{FA}{(1+TIR)^t} - I = 0 \quad (4)$$

Donde:

*VAN*= Valor Actual Neto

*FA*= Flujo acumulado

*n*= Número de períodos

*t*= Tiempo en años

*I*= Inversión inicial

*TIR*= Tasa Interna de Retorno

En la Tabla 37, se detalla el TIR para este proyecto.

**Tabla 37** TIR para el proyecto

<b>No se puede mostrar debido a un convenio de confidencialidad con la CNT E.P.</b>
---

**Fuente:** (Hernandez & Samaniego, 2016)

**Elaboración:** Elaboración propia

## CONCLUSIONES

En base a toda la información recopilada para el trabajo se puede determinar que GPON es una tecnología que ofrece un servicio de mejor calidad para los usuarios debido a que no se ve afectado por interferencias electromagnéticas, y además, la capacidad de las redes que usan esta tecnología es superior a la capacidad de las redes de cobre que existen actualmente desplegadas en la mayor parte Loja.

De los resultados obtenidos de la pregunta 10 de la encuesta, se pudo observar que en gran parte del sector la población tiene un desconocimiento casi total de lo que es la fibra óptica, y se muestran muy interesados en tener más información sobre las redes con tecnología GPON y todos sus beneficios ya que en palabras de muchos usuarios entrevistados se afirmaba que *“Solo conozco la fibra óptica por el proyecto de regeneración urbana y sé que da más velocidad”*.

Se determinó que en este sector, el servicio que mayor acogida tiene es el DUO CNT PACK que incluye los servicios de telefonía fija e internet, existiendo en total 627 usuarios que poseen este paquete y 41 usuarios que desean contratar este paquete a la empresa, resultado conveniente para la CNT E.P., ya que según los datos de ingresos para la empresa, este paquete es el que genera más utilidades anualmente.

En cuanto al diseño de la red se logró una optimización al reducir los costos de canalización un total de \$ 61.837,24, aprovechando la infraestructura existente del sector como los postes para el tendido del cable feeder y evitar la construcción de pozos y vías. Además, en las calles secundarias que por su cercanía con los mercados son transitadas por carros altos como camiones de carga, se reduce la probabilidad de daños a la infraestructura, al canalizar los cables en estos tramos.

De acuerdo con el análisis financiero, se determinó que el proyecto es rentable y genera utilidades para la empresa, además de ampliar la cantidad de fibra óptica que se ha desplegado en la ciudad. La inversión inicial que se obtuvo es de \$ 228.900,01 para la implementación de la red, con el VAN se obtuvo un valor positivo de \$ 244.913,53, que establece que el proyecto es rentable y con el cálculo del TIR se obtuvo un valor de 24,67% lo que confirma la rentabilidad.

## RECOMENDACIONES

Para el estudio de la demanda del sector, se recomienda que el plano catastral obtenido esté actualizado para evitar cualquier error en la distribución de los lotes del sector.

Al momento de tabular los datos obtenidos de las encuestas se recomienda que también se incluyan la dirección del lote, el número de casa y el número de medidor eléctrico del domicilio para poder ubicar la información en el archivo de AutoCAD.

Es recomendable no utilizar versiones antiguas de las normativas tanto de diseño de ODN como de dibujo georreferenciado de la CNT, debido a que en cada versión cambian algunas consideraciones a tener en cuenta al momento de diseñar la red.

El proyectista debe familiarizarse con la simbología que utiliza la CNT en los diseños con el objetivo de evitar cometer errores al momento de hacer el diseño y tener que hacer correcciones que se pueden evitar desde un comienzo.

Debido al crecimiento de la población en las zonas menos pobladas del sector, es recomendable dejar reservas de cable en las NAP para la demanda de los futuros clientes, en especial en los distritos más despoblados ya que estos serán los que presenten un mayor crecimiento poblacional a futuro.

Se recomienda ir al sector a comprobar si la ubicación de los pozos y vías existentes es correcta o hay modificaciones que no constan en el plano de canalización existente, además, si es posible ingresar a los pozos para ver que ductos están vacíos o disponibles para su utilización.

Se recomienda tener en cuenta que tipo de información es la que se necesita obtener de otras empresas que no son la CNT, como es el caso de la EERSSA, que a partir del año 2019 dejó de poner pública la información sobre la ubicación georreferenciada de los postes que tiene desplegados actualmente, es necesario realizar una solicitud a los funcionarios de esta empresa para poder obtener esta información.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alember Pingo, P. (2004). Factibilidad técnico económica de la fuente de abastecimiento de agua de la localidad de El Alto. Universidad de Piura.
- Alibaba Store. (2019a). Fibra Optica Odf Fiber Termination Box/odf 4 Ports,24,36 Ports - Buy Odf 4 Port,Fiber Termination Box,36 Ports Odf Product on Alibaba.com. Recuperado el 29 de junio de 2019, de [https://www.alibaba.com/product-detail/Fibra-optica-odf-fiber-termination-box\\_60312996282.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Fibra-optica-odf-fiber-termination-box_60312996282.html)
- Alibaba Store. (2019b). Tapones 32mm Para Micro Los Conductos. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/fiber-optic-simplex-duct-plugs-32mm-for-micro-ducts-60647885665.html>
- Alulima Salazar, E. I., & Paladines Bravo, C. A. (2014). *Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Aprildi Cia. (2018). 12/24/48 cores single mode outdoor duct strand armored GYTS fiber optic cable. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <http://aprildi.com/12-24-48-cores-single-mode-outdoor-duct-strand-armored-gyts-fiber-optic-cable-p00096p1.html>
- ARPATEL. (2019a). *HERRAJE TERMINAL TIPO A PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA*. Recuperado de <https://www.arpatel.com.ec/wp-content/uploads/2018/03/Arpatel-Herraje-Tipo-A.pdf>
- ARPATEL. (2019b). Herraje Tipo B. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://www.arpatel.com.ec/producto/herraje-tipo-b-no-homologado/>
- Asqui Granda, W. D. (2017). *DESARROLLO DE UN PLAN PILOTO PARA OPTIMIZAR EL CICLO DE VIDA DE EQUIPOS INSTALADOS POR LAS EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES EN ECUADOR*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Banco Central del Ecuador. (2019). Tasas de Interés. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Bolaños Erazo, H. D. (2017). *ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE ACCESO A BANDA ANCHA EN EL CANTÓN ANTONIO ANTE Y PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA (PON) PARA LA EMPRESA CNT E.P. COMO SOLUCIÓN A FUTURAS DEMANDAS*. Universidad Técnica del Norte.
- Bustamante, C. (2015). Diseño de Circuitos Electrónicos para Comunicaciones. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://slideplayer.es/slide/4287241/>
- Cabezas, A. F., & Pinto, R. A. (2014). *PRIMERA EDICIÓN SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS (Monografía)*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Cervantes Valencia, M. D., Pesantez Pesantez, D. M., & Ofelia, R. B. G. (2011). Diseño de seguridad en una Red GEPON orientada a servicios X-Play (Escuela Superior Politécnica del Litoral). <https://doi.org/10.1039/c4ra02742f>
- Cevallos Rojas, R. A., & Montalvo Espinosa, R. R. (2010). Estudio Y Diseño De Una Red De Última Milla, Utilizando La Tecnología G-Pon, Para El Sector Del Nuevo Aeropuerto De Quito (Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de <file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/CD-2042.pdf>

- CNT E.P. (2012a). *Especificaciones Técnicas Herraje Brazo Farol Tipo a De 1 Metro De Largo* (p. 3). p. 3. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40001447-herraje-brazo-farol-tipo-a-de-1-metro-de-largo.pdf>
- CNT E.P. (2012b). *Herraje-terminal-tipo-b-para-cable-de-fo-aereo-adss-para-vanos-de-hasta-120-metros* (p. 2). p. 2. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40001439-herraje-terminal-tipo-b-para-cable-de-fo-aereo-adss-para-vanos-de-hasta-120-metros.pdf>
- CNT E.P. *Normas Técnicas para dibujo Geo Referenciado de Redes de Planta Externa: Canalización, Redes Telefónicas de cobre, Enlaces de Fibra Óptica y Redes GPON/FTTH.* , (2012).
- CNT E.P. (2012d). *Tapon-ciego* (p. 1). p. 1. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40002494-tapon-ciego.pdf>
- CNT E.P. (2012e). *Tapon-simplex* (p. 1). p. 1. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40002495-tapon-simplex.pdf>
- CNT E.P. (2014a). *Guardacabos para cable de fibra óptica ADSS* (p. 3). p. 3. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2015/10/40003717.pdf>
- CNT E.P. (2014b). *Herraje porta reserva* (p. 5). p. 5. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40006248-elemnto-de-ganancia-porta-reserva-para-galeria-de-cables-de-fo.pdf>
- CNT E.P. *Normativa Técnica De Diseño De Planta Externa Con Fibra Óptica ( ODN – Optical Distribution Network )* . , (2014).
- CNT E.P. (2015). *Preformado-para-cable-de-fo-adss-para-diametros-de-cable-entre-1200-128mm* (p. 1). p. 1. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40002182-preformado-para-cable-de-fo-adss-para-diametros-de-cable-entre-1200-128mm.pdf>
- CNT E.P. (2016a). *Herraje-de-cruce-americano-para-fibra-optica* (p. 2). p. 2. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40007617-herraje-de-cruce-americano-para-fibra-optica.pdf>
- CNT E.P. (2016b). *Herraje-terminal-tipo-a-para-cable-de-fo-aereo-adss-para-vanos-de-200-metros-con-2-tensores* (p. 2). p. 2. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40001444-herraje-terminal-tipo-a-para-cable-de-fo-aereo-adss-para-vanos-de-200-metros-con-2-tensores.pdf>
- CNT E.P. (2016c). *Manga-de-empalme-de-fo-de-288-fusiones* (p. 3). p. 3. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40006297-manga-de-empalme-de-fo-de-288-fusiones-tipo-domo.pdf>
- CNT E.P. (2017a). *ARMARIO-DE-DISTRIBUCION-DE-FIBRA-OPTICA-DE-576-PUERTOS-FDH-CON-SPLITTERS* (p. 5). p. 5. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/40007373-ARMARIO-DE-DISTRIBUCION-DE-FIBRA-OPTICA-DE-576-PUERTOS-FDH-CON-SPLITTERS.pdf>
- CNT E.P. (2017b). *Cable-aereo-adss-de-fo-12-h-g652-d-vano-120-m* (p. 3). p. 3. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2015/10/40005040.pdf>

- CNT E.P. (2017c). *Cable-canalizado-fo-12-h-g652d* (p. 4). p. 4. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40000379-cable-canalizado-fo-12-h-g652d.pdf>
- CNT E.P. (2017d). *Patch-cord-de-fo-g652d-sx-fcapc-scipc-5m* (p. 2). p. 2. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40002049-patch-cord-de-fo-g652d-sx-fcapc-scipc-5m.pdf>
- CNT E.P. (2018). *CAJA-OPTICA-DE-DISTRIBUCION-EXTERIOR-AEREA-DE-8-PUERTOS-NAP* (p. 2). p. 2. Recuperado de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/40005373-CAJA-OPTICA-DE-DISTRIBUCION-EXTERIOR-AEREA-DE-8-PUERTOS-NAP.pdf>
- CNT E.P. (2019a). Banda ancha para hogares | CNT: Telefonía móvil y fija, internet, TV. Recuperado el 21 de junio de 2019, de <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>
- CNT E.P. (2019b). CNT Pack | CNT: Telefonía móvil y fija, internet, TV. Recuperado el 21 de junio de 2019, de <https://www.cnt.gob.ec/cnt-pack-2/>
- CNT E.P. (2019c). Fibra óptica para hogares | CNT: Telefonía móvil y fija, internet, TV. Recuperado el 21 de junio de 2019, de <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/fibra-optica-para-hogares/>
- CNT E.P. (2019d). Prepago TV | CNT: Telefonía móvil y fija, Internet, TV. Recuperado el 21 de junio de 2019, de <https://www.cnt.gob.ec/tv/plan/prepago-cnt-tv-2/>
- CNT E.P. (2019e). Telefonía Hogar | CNT: Telefonía móvil y fija, Internet, TV. Recuperado el 20 de junio de 2019, de <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/plan/telefonía-hogar-2/>
- Coimbra, E. (2011). *Transmisión De Datos Por Fibra Óptica* (p. 42). p. 42.
- COMTELEC Cia.Ltda. (2019). Armario de distribución de Fibra Optica. Recuperado el 29 de junio de 2019, de [http://www.comtelec.com/fibra\\_optica/Armarios\\_Fibra\\_Optica-v2.html](http://www.comtelec.com/fibra_optica/Armarios_Fibra_Optica-v2.html)
- Córdoba, M. (2003). *Procesos de fabricación de fibras ópticas*. Recuperado de [http://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/303/34\\_cordoba.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/303/34_cordoba.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Cortez Bustamante, P. E. (2016). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL CABLEADO DE LA RED AÉREA DE FIBRA ÓPTICA DE TELCONET EN LA CIUDAD DE QUITO*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- España Boquera, M. C. (2005). *Comunicaciones ópticas Conceptos esenciales y resolución de ejercicios* (1a ed.; M. C. España Boquera & A. Calvete, Eds.). España.
- Fombona, J., Pascual, M., & Ferreira, M. (2012). REALIDAD AUMENTADA, UNA EVOLUCIÓN DE LAS APLICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197–210.
- GAD LOJA. (2017). *Especificaciones De Elementos Pasivos De La Red De Fibra Óptica Municipal*. (p. 61). p. 61. Recuperado de [https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/especificaciones\\_fibra\\_optica.pdf](https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/especificaciones_fibra_optica.pdf)

- Geronimo Mayor, C. A. (2014). MANUAL DE COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS. *MANUAL DE COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS*, p. 83. Recuperado de MANUAL DE COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS
- GlobalElectric S.A. (2019). Tapones Ciegos de 1 1/4 Ref. JM-BLA-12D148U. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://globalelectric.com.ec/producto/tapones-ciegos-de-1-1-4-ref-jm-bla-12d148u/>
- González, J., & Vega, I. (2009). *Diseño de una Red de Acceso que Utiliza Tecnología FTTB Con VDSL2 en el Sector “La Mariscal” de la Ciudad de Quito* (Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de <http://www.epn.edu.ec/institucion/ubicacion-geografica/>
- Grosz, D. F. (2005). *Sistemas de comunicación por fibra óptica de alta capacidad*. 22–33.
- Guevara Henao, J. S. (2011). *Tecnologías de redes Pon*. 3. Recuperado de [http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_APOn\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)
- Hernandez Espinoza, A. L., & Samaniego Castelo, W. O. (2016). *Estudio De Mercado De La Demanda Para El Establecimiento De La Red Gpon De La Empresa Cnt Ep En El Sector De La Unach – Via Guano, Provincia De Chimborazo, Período 2016* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8339/1/12T01038.pdf>
- Huadong Cable Group. (2019). ADSS cable -All Dielectric Self-Supporting Aerial Cable. Recuperado el 29 de junio de 2019, de [https://www.huadongcablegroup.com/adss-cable/?targetid=kwd-458266907017&matchtype=b&device=c&adkwd=%2Badss fiber optic %2Bcable&pos=1t1&gclid=CjwKCAjwmNzoBRBOEiwAr2V27bRo\\_e9i4AmSnB3XW7NnXVJWBhbPIYgc4TWFxQA2FqgWccAXh\\_0T0HRoCdo4QAvD\\_BwE](https://www.huadongcablegroup.com/adss-cable/?targetid=kwd-458266907017&matchtype=b&device=c&adkwd=%2Badss%2Bfiber%2Boptic%2Bcable&pos=1t1&gclid=CjwKCAjwmNzoBRBOEiwAr2V27bRo_e9i4AmSnB3XW7NnXVJWBhbPIYgc4TWFxQA2FqgWccAXh_0T0HRoCdo4QAvD_BwE)
- HUAWEI. (2012). Next-Generation PON Evolution. *Next-Generation PON Evolution*, 24. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54224-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54224-9_3)
- Indumever. (2019). Herraje de cruce americano dos extensiones fibra óptica. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <http://www.indumever.ec/herraje-de-cruce-americano-dos-extensiones-fibra-optica/>
- INEC. (2010). *FASCÍCULO PROVINCIAL LOJA*. Loja, Ecuador.
- ITU-T. Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos. , Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales § (2003).
- ITU-T. *G.984.4 (02/2008) - GPON: ONT Management and Control Interface Specification*. , 2 § (2008).
- ITU-T. Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics. , Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access networks § (2008).
- ITU-T. Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Long reach. , Recommendation ITU-T G.984.7 § (2010).



- ITU-T. *Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification.* , (2014).
- ITU-T Study Group 15. *ITU-T Rec. G.984.5 (05/2014) Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Enhancement band.* , (2014).
- Iza Ponce, F. M. (2011). *MIGRACIÓN DE LA RED DE COBRE A FIBRA ÓPTICA PARA LA INCLUSIÓN DE NUEVOS SERVICIOS EN LA CENTRAL DE IZAMBA PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Kramer, G., Mukherjee, B., & Pasavento, G. (2002). IPACT a dynamic protocol for an Ethernet PON (EPON). *IEEE Communications Magazine*, 40(2), 74–80. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/983911>
- Lapo Zhanay, D. F. (2015). *Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente.* Universidad Técnica Particular de Loja.
- Lattanzi, M., & Graf, A. (2016). *Redes FTTx: Conceptos y Aplicaciones.* Escuela Politécnica Nacional.
- Lecona, E., Mosco, I., Negrete, R., & Ramírez, N. (2011). Comunicaciones por medio de Fibra óptica. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://es.slideshare.net/iramirezg0701/presentacin-fibra-ptica>
- López Bonilla, M., Moschim, E., & Rudge Barbosa, F. (2009). ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON. *Scientia et Technica*, 15(41), 321–326.
- López Pastor, E. T. (2013). Divisores Ópticos ( Splitters ) En FTTH. *ResearchGate*, 13.
- Martin, G. (2010). Información sobre Leds, historia y tecnologías actuales. Recuperado de <http://www.todopic.com.ar/led.html>
- Mete, M. R. (2014). VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 7(7), 67–85. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2014000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2014000100006&script=sci_arttext)
- Millán, R. (2015). NG-PON (Next Generation Passive Optical Networks). *GM2 Publicaciones Técnicas S.L.*, 8–10. Recuperado de <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/ngpon.php>
- Millán, R. J. (2008). GPON ( Gigabit Passive Optical Network ). *Bit*, 63–67.
- OptyTECH. (2019a). Caja terminal para exteriores 8,12 o 16P (NAP) Modelo: GPJ09-8205 (HOMOLOGADA CNT). Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/caja-terminal-para-exteriores-812-o-16p-nap-modelo-gpj09-8205.html>
- OptyTECH. (2019b). Manga de empalme de fibra óptica tipo domo con sellos termocontraible. Modelo: GJS03A. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-optica-tipo-domo-con-sellos-termocontraible-modelo-gjs03a.html>
- OptyTECH. (2019c). Patch cord de Fibra Optica SC/APC-SC/APC. Recuperado el 29 de

junio de 2019, de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/patch-cord-fc-apc-sc-apc.html>

- Proaño Lozada, L. A. (2009). *SISTEMA DE COMUNICACION POR FIBRA OPTICA Y ENLACE INALAMBRICO PARA LA CORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Romero Espejo, N. R. (2018). *Diseño de ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) para la tecnología GPON para el sector sur desde barrio La Argelia de la ciudad de Loja*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Sanchis, E., & B. Ejea, J. (2008). *El diodo láser (LD)*.
- Santa Cruz, O. (2015). *MODULO INTRODUCTORIO PRINCIPIOS GENERALES DEL SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA* (pp. 1–16). pp. 1–16. Recuperado de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduccionResumen FO.pdf>
- Segura Antúnez, C. (2014). *ESTUDIO DE LA FIABILIDAD MEDIANTE ENSAYOS ACELERADOS DE DIODOS ULTRAVIOLETA DE ALTA POTENCIA*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Suárez Sarmiento, K. del C. (2010). *REINGENIERÍA DE LA RED MAN DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES – LOJA Y DISEÑO DE UNA RED GPON PARA SUS CLIENTES CORPORATIVOS*. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2014.01.018>
- UPM. (2009). Conceptos Fundamentales de Comunicaciones Ópticas. En *Dpto. Tecnología Fotónica* (p. 24). Recuperado de [http://www.tfo.upm.es/docencia/2006-07/LIBRO\\_LCOP/Fundamentos.pdf](http://www.tfo.upm.es/docencia/2006-07/LIBRO_LCOP/Fundamentos.pdf)
- Vargas, I. A. (2010). *Sistemas de Fibra Óptica* (p. 40). p. 40. Recuperado de [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/Cap 5 Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/Cap 5 Pco.pdf)
- Velasco Rivera, B. L. (2018). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED GPON PARA OFRECER EL SERVICIO TRIPLE PLAY EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO DE IBARRA PARA LA CNT-EP*. Escuela Politécnica Nacional.
- Villacís Taco, E. F. (2015). *Diseño de una red iODN con tecnología FTTH para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP en la ciudad de Guaranda*. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11945>
- Villacís Valencia, A. C. (2013). *DISEÑO DE UNA RED 10G-PON PARA EL BARRIO DE CARCELÉN ALTO 3D*. Escuela politécnica nacional.
- Wikimedia Commons. (2007). File:Fibra optica. Recuperado el 29 de junio de 2019, de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra\\_optica.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra_optica.svg)

## **ANEXOS**

**ANEXO I: MODELO DE ENCUESTA APLICADA AL SECTOR**

Encuesta a realizar a los usuarios del sector Las Pititas de la ciudad de Loja



Estimado Sr(a), usuario.

Le pedimos su colaboración, respondiendo correctamente y con sinceridad el siguiente cuestionario, el mismo que nos permitirá conocer el estado actual de los servicios de telecomunicaciones para poder dimensionar un nuevo servicio de mejor calidad.

De antemano le expresamos el agradecimiento por su colaboración.

1. El abonado es de tipo	Residencial		Comercial		Residencial y Comercial	
2. En caso de ser residencial. ¿Cuántas personas habitan su domicilio?						
3. Del total de personas. ¿Cuántos de ellos son estudiantes?						
4. ¿Qué tipo de servicios tiene contratado y cuál es su proveedor?	Servicio		Proveedor			
	Internet					
	Telefonía					
	TV digital					
5. Especifique el costo de los servicios contratados	Internet		Telefonía		TV digital	
	Número de teléfono					
6. En caso de contar ya algún servicio prestado por CNT EP, llenar los siguientes datos:	Nombre del abonado					
	Servicio		Precio			
7. En caso de no contar con alguno de los servicios mencionados ¿Qué servicio le gustaría tener y cuánto está dispuesto a pagar?	Internet					
	Telefonía					
	TV digital					
8. Le gustaría contar con los servicios a un único precio	SI		NO			
9. En caso de ser un abonado de tipo comercial ¿Qué tipo de servicios le conviene más?						
10. ¿Ha escuchado sobre los beneficios de la fibra óptica?	SI		NO			
	¿Qué es lo que ha escuchado?					
11. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a esperar para obtener los beneficios de una red de fibra óptica?						

OBSERVACIONES

## **ANEXO II: PLANOS DE LA RED DE DISPERSIÓN**















### **ANEXO III: PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**















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







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









## **ANEXO VI: ESQUEMÁTICOS DE EMPALMES**

















**ANEXO VII: FICHA TÉCNICA DE VOLUMEN DE OBRA**



**ANEXO VIII: CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD**



## CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD

### PRIMERA.- COMPARECIENTES:

Comparecen a la celebración del presente Convenio de Confidencialidad, por una parte, el Sr. Francisco Delgado Cordero, Gerente Nacional de Desarrollo Organizacional, quien mediante Resolución No. CNTEP-GG-0055-2017 de 4 de octubre de 2017, ha sido Delegado para la suscripción del presente Convenio; y, por otra parte el señor Andrés Sebastián Vargas López C.C. 1150297461, a quien para efecto de este Convenio, en adelante se le denominará CUSTODIO.

### SEGUNDA.- ANTECEDENTES.-

2.1. Mediante Oficio No. 117-T-IET-UTPL de 11 de junio de 2018 el Ing. Marco Morocho Yaguana, Coordinador de Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja, solicita a la CNT EP, se facilite el acceso a la información, a fin que el señor Andrés Sebastián Vargas López, alumno de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, realice el trabajo de titulación es: **"DISEÑAR REDES ODN PARA GPON EN EL SECTOR LAS PITAS DE LA CIUDAD DE LOJA"**, previo a obtener su título de Tercer Nivel.

2.2. En correo electrónico de 23 de julio de 2018, la Ing. Lucía Gordillo, Analista de Gestión Técnica de Staff de la Gerencia Nacional Técnica indicó:

*"Por parte de la Gerencia Nacional Técnica no se tiene objeción en el pedido, por tanto es factible la autorización, previo la suscripción de los convenios de confidencialidad".*

### TERCERA.- OBJETO.-

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

### CUARTA.- OBLIGACIONES DEL CUSTODIO.-

EL CUSTODIO deberá cumplir a cabalidad las siguientes obligaciones:

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

4.2. Las obligaciones estipuladas en esta Cláusula no alcanzan a aquella información confidencial que:





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

#### QUINTA.- MATERIALES

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





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

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

#### **SÉPTIMA.- NO LICENCIA**

Este Convenio no confiere al CUSTODIO ninguna licencia para usar la información confidencial de la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP.

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

El presente Convenio, se entiende vigente a partir de la fecha de su suscripción y terminará en el momento en que la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP así lo decidiera y lo notificare al CUSTODIO o a la culminación del proyecto; es decir, a la presentación del trabajo de titulación para la obtención de su Título de Tercer Nivel. Este Convenio terminará inmediatamente a la recepción de tal notificación, dejándose claramente establecido, que por el hecho de tal terminación, ninguna de las partes deberá a la otra, indemnización alguna, salvo los casos de responsabilidad en que haya incurrido el CUSTODIO.

Ante la terminación de este Convenio o cuando la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP lo estimare conveniente, el CUSTODIO cesará inmediatamente el uso de la información confidencial de la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP y cumplirá inmediatamente con lo dispuesto en la Cláusula Cuarta de este Convenio. Ante el pedido de la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, el CUSTODIO certificará que ha cumplido con sus obligaciones aquí estipuladas.

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

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

#### **DÉCIMA.- INDEMNIDAD.-**

EL CUSTODIO reconoce que la divulgación no autorizada de la información confidencial de la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, que pueda resultar en un perjuicio económico para ésta última, en cuyo caso ésta tendrá derecho al resarcimiento de daños y perjuicios que sea determinado por el Tribunal de Arbitraje o el juez competente, según el caso.

#### **UNDÉCIMA.- CESIÓN DE DERECHOS.-**

EL CUSTODIO no podrá ceder sus derechos según este Convenio, sin el consentimiento previo y por escrito de la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, salvo el caso de disposición de autoridad competente.





#### DÉCIMA SEGUNDA.- DISPOSICIONES GENERALES

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

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

- 13.1. La Legislación aplicable a este Convenio de Confidencialidad es la ecuatoriana.
- 13.2. Las partes renuncian a utilizar la vía diplomática para todo reclamo relacionado con este Convenio.
- 13.3. Para el caso de controversias relacionadas con la aplicación o interpretación de este Convenio, que no sean de carácter penal, los comparecientes renuncian fuero y/o domicilio y se sujetan a la Ley de Arbitraje y Mediación y, en particular, al pronunciamiento de los señores árbitros del Centro de Arbitraje y Mediación de la Cámara de Comercio de Quito, a cuyo efecto realizan, además, las siguientes precisiones:
  - 13.4. El proceso se llevará en la ciudad de Quito, ante el Centro de Arbitraje y Mediación de la Cámara de Comercio de Quito, conforme su reglamentación interna;
  - 13.5. Los árbitros habrán de resolver en derecho;
    - 13.5.1 Los árbitros quedan expresamente facultados para dictar medidas cautelares y para solicitar el auxilio que fuere necesario para ejecutar dichas medidas, en los términos previstos en el Art. 9 de la Ley de Arbitraje y Mediación;
    - 13.5.2. Los costos y gastos en que se incurra, incluidos los honorarios profesionales pactados razonablemente, serán cubiertos por la parte que fuere vencida. A pedido de parte realizado antes de dictar el respectivo laudo, el Tribunal tendrá facultades para regular dichos honorarios, si es que le parecieren considerablemente excesivos o exiguos, en consideración a la cuantía y circunstancias del caso que haya sido puesto en su conocimiento;




13.5.3. Las partes se comprometen a aceptar el Laudo Arbitral. Sin perjuicio del derecho conferido por la Ley ecuatoriana para que la parte afectada pueda demandar la nulidad del laudo, en los casos taxativamente permitidos por dicha Ley, las partes acuerdan que la parte que dedujere un recurso de nulidad que fuere resuelto negativamente para ella, deberá cancelar a la otra parte, a más de todas las obligaciones pendientes o generadas a esa fecha y de aquellas otras obligaciones que, por disposición de la ley, se generasen como efecto de dicha resolución negativa, una indemnización equivalente a la máxima tasa de interés convencional que hubieren generado la suma de todas las citadas obligaciones, desde la fecha de expedición del laudo impugnado, por respectivo órgano o juez ejecutor;

13.5.4. De ser requerido, el respectivo laudo será ejecutado ante los jueces competentes de la ciudad de Quito o del lugar en que se encontraren los bienes del ejecutado.

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

30 JUL. 2018

  
Francisco Delgado Cordero  
GERENTE NACIONAL DE  
DESARROLLO ORGANIZACIONAL CNT EP

  
Andrés Sebastián Vargas López  
CC. 1150297461  
CUSTODIO

**ANEXO IX: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA CNT EP LOJA**



Loja Junio 26, 2019  
CNT-FRCA-060-2019

Ingeniero  
Marco Morocho Yaguana  
**COORDINACION DE LA TITULACION CARRERA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA**

**ASUNTO: INFORME DE TRABAJO DE TITULACION**

De mi consideración:

Con oficio a su oficio 117-T-IET-UTPL referente al trabajo del señor Andres Sebastián Vargas Lopez C.I. 1150297461 estudiante de la UTPL carrera Electrónica y Telecomunicaciones, que ha sido designado para realizar el Trabajo de Titulación denominado "Diseño de redes ODN para GPON en el sector Las Pitas de la ciudad de Loja", este trabajo ha terminado y se lo enviará a la Gerencia de Ingeniería para su validación.

El trabajo de titulación cumple con las Normas Técnicas de Diseño de ODN de la CNT.

Particular que pongo a su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente

  
Ing. Pablo Toapanta  
JEFE TECNICO CNT BP



  
Ing. Fabián Castillo A.  
ANALISTA DE PROYECTOS

Av. Manuel Agustin Aguirre y Venezuela  
Edificio Administrativo 4to Piso  
Telefax 2587856  
Loja - Ecuador

## **ANEXO X: CAPAS UTILIZADAS PARA EL DISEÑO DE AUTOCAD**

### CAPAS BASES DEL PROYECTO

NÚMERO DE CAPA	NOMBRE DE CAPA	DESCRIPCIÓN DE CAPA	TIPO DE LINEA	GROSOR DE LINEA	COLOR
20	CURV-NIVE	Líneas de curvas de nivel en zonas críticas	CONTINUA	0.02	MAGENTA
39	LOTE	Lotes urbanos	CONTINUA	0.03	PLOMO CLARO
40	LOTE-INFO	Lotes información	CONTINUA	0.02	PLOMO CLARO
41	NOMB-BARR	Nombre de barrios	CONTINUA	0.04	NEGRO
42	NOMB-CALL	Nombre de calles	CONTINUA	0.04	ROJO
43	NOMB-EDIF	Nombre de edificios	CONTINUA	0.04	ROJO
44	PLAN-RURA	Planimetría rural	CONTINUA	0.02	PLOMO CLARO
45	PLAN-URBA	Planimetría urbana	CONTINUA	0.02	PLOMO OSCURO
48	PUNT-GPS	Punto de ingreso de información GPS	CONTINUA	0.03	ROJO
49	RIOS-QUEB	Ríos y quebradas	CONTINUA	0.03	CELESTE

**Fuente:** (CNT E.P., 2012c)

**Elaboración:** Elaboración propia

### CAPAS DE INFRAESTRUCTURA DE RED

NUMERO DE CAPA	NOMBRE DE CAPA	DESCRIPCIÓN DE CAPA	TIPO DE LINEA	GROSOR DE LINEA	COLOR
0	0	Capa 0 base del espacio modelo de archivo CAD	CONTINUA	0	NEGRO
16	CANA-EXIS	Canalización existente	CONTINUA	0.08	VERDE
17	CANA-PROY	Canalización proyectada	CONTINUA	0.05	AZUL
18	COTA POZO	Acotación para pozos	CONTINUA	0.02	VERDE
19	COTA POST	Acotación para postes	CONTINUA	0.03	VERDE
21	DEMA-EXIS	Demanda existente	CONTINUA	0.1	VERDE

22	DEMA-PROY	Demanda proyectada	CONTINUA	0.03	AZUL
28	EJES-CANA-EXIS	Ejes canalización existente	LÍNEA DE EJE	0.08	NEGRO
29	EJES-CANA-PROY	Ejes canalización proyectada	LÍNEA DE EJE	0.03	NEGRO
35	HERR-PROY	Herrajería proyectada	CONTINUA	0.3	AZUL
36	LIMI-DISP	Límite de dispersión	LÍNEA DE DISPERSIÓN	0.1	ROJO
37	LIMI-DIST	Límite de distrito	LÍMITE DISTRITO	0.15	VERDE
46	POST-CNT	Postes CNT (existente y proyectados)	CONTINUA	0.05	NEGRO
47	POST-ELEC	Postes existentes empresa eléctrica	CONTINUA	0.05	NEGRO
48	ARMA-FTTH-PROY	Armarios de red GPON proyectado	CONTINUA	0.03	AZUL
50	CAJA-OPTI-PROY	Cajas de dispersión óptica proyectadas	CONTINUA	0.03	AZUL
52	OLT-PROY	OLT proyectada	CONTINUA	0.03	AZUL
54	ONT-PROY	ONT PROYECTADAS (demanda GPON)	CONTINUA	0.03	AZUL
56	FIBR-GPON-TRON-PROY	Fibras GPON troncal (feeder) proyectada	TIPOS DE FIBRAS	0.03	AZUL
58	FIBR-GPON-DIST-PROY	Fibras GPON distribución proyectadas	TIPOS DE FIBRAS	0.03	AZUL

**Fuente:** (CNT E.P., 2012c)

**Elaboración:** Elaboración propia